# COMPTE RENDU

## DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

### SÉANCE DU LUNDI 18 OCTOBRE 1869.

PRÉSIDENCE DE M. CHEVREUL.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NAVIGATION. — *Seconde Note sur le log à boussole; par* **M. Faye.**

« Quelques personnes ayant bien voulu me demander des explications sur le log à boussole, je prie l'Académie de me permettre de revenir un instant sur ce sujet, en raison des avantages qu'il peut offrir aux navigateurs pour écarter une des causes d'erreur contre lesquelles ils ont constamment à lutter.

» En 1838, Poisson, à la demande de ses collègues du Bureau des Longitudes, a soumis au calcul l'influence du fer des navires sur l'aiguille aimantée. L'illustre géomètre, sans se préoccuper exclusivement des besoins réels de la pratique, a généralisé la question et l'a résolue dans toute son étendue théorique, comprenant la déclinaison, l'inclinaison et la force magnétique totale. Si l'on se borne au premier de ces éléments, qui seul intéresse le navigateur, on trouve, par l'analyse de Poisson :

$$\tang \zeta' = \frac{D\varphi\cos\theta\cos\zeta - (E+1)\varphi\cos\theta\sin\zeta + F\varphi\sin\theta + Q}{(A+1)\varphi\cos\theta\cos\zeta - B\varphi\cos\theta\sin\zeta + C\varphi\sin\theta + P},$$

en supposant que le magnétisme du navire ne varie qu'en raison de

l'action magnétique du globe, c'est-à-dire que le fer du bord soit dénué de force coercitive, supposition qui n'a pas été confirmée par l'expérience.

» Quoi qu'il en soit, pour tirer parti de cette formule, où $\zeta$ désigne le cap magnétique vrai et $\zeta'$ le cap apparent, c'est-à-dire pour calculer la déviation $\zeta' - \zeta$ correspondant à un $\zeta'$ quelconque, il faudrait : 1° transformer cette formule de manière à prendre $\zeta'$ pour argument au lieu de $\zeta$ ; 2° connaître, au lieu où l'on se trouve, les éléments du magnétisme terrestre $\varphi$, $\theta$, $\zeta$ ; 3° avoir déterminé au préalable, au point de départ, par une série d'expériences, les constantes D, E, F, Q, A, B, C et P relatives au navire. Tout cela est impraticable.

» Mais la forme même de cette expression, qui ressemble assez aux formules de parallaxe avec des complications de plus, indique au premier coup d'œil que les choses doivent se passer comme si l'aiguille aimantée se trouvait transportée excentriquement sur son limbe divisé, par l'action magnétique du navire, et si de plus ce limbe perdait plus ou moins de sa forme circulaire primitive. Tout est donc faussé à la fois dans un tel instrument; si, dans certaines régions azimutales, des angles de 3 ou 4 degrés parcourus par l'aiguille répondent à des angles de 30 ou 40 degrés parcourus par le cap du navire, dans d'autres régions l'inverse aura lieu, et quand le navigateur croira s'être écarté de 25 degrés de sa route première, en réalité il s'en sera écarté de 3 ou 4 degrés.

» Cette simple image géométrique du phénomène montre que la série de Fourier, réduite à ses premiers termes, doit s'adapter à sa représentation numérique, et qu'on pourra écrire

$$\zeta' - \zeta = a_0 + a_1 \sin(\zeta' + A_1) + a_2 \sin 2(\zeta' + A_2) + a_3 \sin 3(\zeta' + A_3) + \ldots,$$

pourvu qu'on ne perde pas de vue la nature des constantes $a_0$, $a_1$, $a_2$,..., $A_1$, $A_2$,..., lesquelles dépendent nécessairement de l'état des fers du bâtiment, négligé par Poisson, et des constantes locales, inclinaison, déclinaison, force totale du magnétisme terrestre, en sorte que certains de ces coefficients, loin d'être constants, peuvent varier au contraire du + au —, lorsque le navigateur change de latitude magnétique.

» D'après cela la question pratique se trouvera ramenée à déterminer expérimentalement, par le plus petit nombre possible d'opérations, les constantes susdites, dont on conservera les valeurs tant qu'on restera dans les mêmes parages magnétiques, mais dont on devra recommencer la détermination dès qu'on se sera écarté notablement du point de départ. Ce pro-

cédé empirique a, sur la théorie de Poisson, l'immense avantage de substituer à l'argument $\zeta$ un autre argument donné par l'observation elle-même, et d'être débarrassé de la déclinaison en même temps que de l'inclinaison et de la force totale, trois éléments inconnus du navigateur dès qu'il s'éloigne d'un point de relâche étudié par les physiciens. C'est en effet à ces simples considérations que se réduit, à mon avis, la théorie de la régulation actuelle des compas (1).

» Quant aux procédés par lesquels on détermine en mer les constantes $a_0$, $a_1, a_2, \ldots, A_1, A_2, \ldots$, ils exigent quatre observateurs : deux au compas de relèvement, un pour prendre la hauteur de l'astre qui doit donner l'azimut astronomique, le dernier au compas de l'habitacle. C'est pour cette raison que j'ai présenté, dans ma dernière Note, ces procédés comme trop savants pour la marine du commerce, non pas que les officiers de cette marine n'en pussent venir à bout, je suis loin de le supposer, mais parce que les conditions de cette navigation ne comportent pas généralement un grand nombre d'observateurs, ni l'arrêt prolongé dans la marche, grâce auquel on fait prendre huit ou dix caps différents au navire qu'il s'agit d'étudier. Voici d'ailleurs un exemple. En opérant en rade à Saint-Nazaire, les officiers de la *Floride* ont trouvé, à l'aide d'une série d'observations faites par les trente-deux aires de vent, les valeurs suivantes pour les coefficients de l'expression ci-dessus :

$$\zeta' - \zeta = -0^\circ 58' + 22^\circ 8' \sin(\zeta' + 7^\circ 58') + 5^\circ 11' \sin 2(\zeta' - 42^\circ 48').$$

Il y avait, par conséquent, trente-deux équations de condition linéaires pour déterminer $a_0$, $a_1$, $a_2$, $A_1$ et $A_2$.

» J'en déduis un petit tableau des déviations pour les différents caps de 45 en 45 degrés :

| | ° ′ |
|---|---|
| N. . . . . . . . | + 1.52 |
| N.-E. . . . . . | + 21.52 |
| E. . . . . . . . | + 21.21 |
| S.-E. . . . . . | + 6.58 |
| S. . . . . . . . | — 2.38 |
| S.-O. . . . . . | — 13.46 |
| O. . . . . . . . | — 22.29 |
| N.-O. . . . . . | — 24.15 |
| N. . . . . . . . | + 1.52 |

(1) On peut voir celle qui en a été donnée par un savant Anglais, M. Archibald Smith, dans l'excellent *Traité de Navigation* que M. Dubois vient de publier.

» Ainsi, s'il s'agissait de changer de route dans l'angle de nord à nord-ouest, par exemple, il y aurait à tenir compte d'une erreur capable d'affecter la nouvelle direction d'un angle compris entre $+1°52$ et $-24°15$. Les marins forment pour cela un tableau plus détaillé à l'aide de la formule précédente; mais il est bien entendu que cette formule et ce tableau doivent changer avec la latitude magnétique.

» Voilà les lourdes conditions qui pèsent sur le navigateur qui veut gouverner en pleine sécurité, et que j'ai tenté de remplacer par une opération des plus simples. Quant au commerce, il en est resté, en Angleterre, au système des compensations par le moyen d'aimants et de masses de fer doux placés dans le voisinage du compas. Pour apprécier ce second système, je citerai les faits suivants, qui prouvent combien peu l'on doit compter sur ces moyens quand on change notablement de latitude magnétique. L'*Harvest-Home*, corrigé en Angleterre avec beaucoup de soin, a donné des erreurs de 86 degrés lorsqu'il a été par une latitude de 39 degrés sud. Le *Bosphorus* avait au Cap de Bonne-Espérance des déviations de 40 degrés, et l'*Evangeline* des déviations de 60 degrés par une latitude sud de 40 degrés. De même pour le *Propontis*. On a vu dernièrement, par le cas du *Glenorchy*, l'insuffisance du système (1) dans la courte traversée du canal Saint-Georges.

» Voici maintenant ma réponse à deux objections. Dans les navires cuirassés on a recours, depuis quelque temps, à une boussole placée dans la mâture à quelques mètres au-dessus du pont; on espère s'affranchir ainsi de l'influence magnétique du navire. Cette idée, analogue en un sens à la mienne, rendrait celle-ci inutile. Je réponds que l'influence perturbatrice serait diminuée, mais non détruite. En outre la boussole, fixée à l'un des mâts, se trouve alors soumise à l'influence des ferrures de ce mât, car l'espace extrêmement restreint dont on dispose dans la hune ne permet pas d'éviter le voisinage immédiat de ces pièces métalliques. Ce procédé devient même complétement impraticable dans le cas d'une mâture en fer.

» On m'a objecté aussi que l'agitation de la mer empêcherait la boussole du log de s'arrêter, tout comme dans les canots où l'usage des compas ordinaires devient souvent presque impossible. Espérons que cette difficulté-là, que l'on surmonte aujourd'hui si aisément par des procédés parfaitement applicables à la boussole du log, n'empêchera pas les marins d'ex-

---

(1) Ce système, dû à notre célèbre Correspondant M. Airy, n'en est pas moins une admirable solution du problème quand on restreint celui-ci à de certaines limites.

périmenter mon idée. D'ailleurs le log à boussole remorqué par un navire en pleine marche n'est pas dans le cas d'un canot entièrement libre d'obéir à toutes les impulsions. Cette difficulté disparaîtra, je le crois, si l'on donne au bateau de la boussole une forme et un lest convenables, et si on limite la mobilité de l'aiguille comme on le fait maintenant pour les compas placés dans les petites embarcations laissées libres en pleine mer. Je suis heureux de pouvoir ajouter que notre illustre confrère M. le Maréchal Vaillant a bien voulu signaler ma proposition à M. le Ministre de la Marine, et qu'il y a lieu d'espérer qu'elle sera mise à l'essai par des hommes compétents.

» Il ne me reste plus qu'à présenter les trois considérations suivantes :

» 1° Il ne s'agit pas seulement de sécurité, mais aussi de l'abréviation des routes, avantage auquel les armateurs de navires à vapeur à grosse dépense se montrent aujourd'hui si sensibles, et qui décide souvent les navigateurs à suivre l'arc de grand cercle au lieu de l'arc de loxodromie;

» 2° Le procédé du log à boussole supprime la mesure et la correction de la dérive, simplification qui n'est nullement à dédaigner pour les navires à voiles;

» 3° Au point de vue scientifique, le log à boussole a l'avantage de donner la déclinaison de l'aiguille aimantée (quand on tient compte de la dérive, qu'on peut lire immédiatement le jour et la nuit sur un cercle divisé fixé au bord à l'endroit où se fixe la corde du bateau boussole). On arrivera bientôt à connaître cet élément dans les régions les plus fréquentées des mers, et à en dresser des tables dont l'usage ne sera limité que par les variations séculaires de cet élément. Jusqu'ici l'Océan a été un livre clos pour le magnétisme, à cause du fer des navires. »

SYSTÈME MÉTRIQUE. — *Note accompagnant la présentation d'un ouvrage intitulé:* De la méthode *à posteriori* expérimentale et de son application; *par* **M. Chevreul.**

« L'ouvrage que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie est l'exposé de la *méthode* A POSTERIORI *expérimentale* à laquelle toutes mes recherches et mes écrits ont été subordonnés.

» Quel en est le résultat final?

» C'est que les sciences mathématiques pures seulement comportent un enseignement qui, *dans son ensemble*, peut être considéré comme absolu, parce qu'il repose sur des axiomes et sur des propositions, des théorèmes

susceptibles de démonstrations rigoureuses : d'où la conséquence, que l'enseignement des mathématiques pures, fidèlement donné, ne peut exposer à l'erreur l'élève auquel il s'adresse.

» Que l'on prenne maintenant en considération l'enseignement des sciences qui ont pour objet la connaissance du *concret*, la Chimie, la Physique, la Géologie, la Botanique, la Zoologie, l'Anatomie et la Physiologie, et *à fortiori* la Minéralogie, l'Agriculture et la Médecine, qui ne se composent que d'éléments empruntés aux sciences que je viens de nommer et aux mathématiques, et l'on verra que tout être *concret* ne nous est connu que par ses *attributs*, ou, en d'autres termes, par ses propriétés et les *rapports que peuvent avoir ces propriétés les unes avec les autres*.

» Et, dès lors, nous pouvons affirmer, sans craindre aucune objection fondée :

» 1° Qu'il n'y a pas un *seul être concret* dont nous puissions, avec certitude, dire que nous connaissons *tous les attributs* (propriétés, qualités, rapports);

» 2° Qu'il n'est *aucun attribut principal* aux yeux de la science que nous puissions dire *avec assurance connaître parfaitement;*

» 3° Que dans cet état de choses, ce que nous appelons : *généralités*, *principes*, *lois*, expressions abstraites de la science actuelle, reposent sur la connaissance de la *partie* et non sur la connaissance du *tout*.

» Des propositions précédentes découlent les conséquences suivantes :

» Dans l'état actuel de nos connaissances, les *généralités*, les *principes*, les *lois* relatifs au concret ne peuvent être considérés comme *vrais*, qu'à la condition de ne point se trouver en désaccord avec les découvertes futures, soit que ces découvertes concernent de nouveaux attributs, soit qu'elles concernent des attributs que nous ne connaissions auparavant que d'une manière imparfaite.

» Parmi les connaissances qui se rattachent au *concret*, peut-on en citer une qui ait l'assentiment des savants les plus habitués, par la branche des connaissances qu'ils cultivent, à inspirer au public le plus de confiance quant à la précision des résultats auxquels ils arrivent, de sorte qu'on les croit quand ils affirment la certitude d'une *loi du monde concret?*

» Je réponds affirmativement en citant la *loi de la gravitation*.

» Et en affirmant que les découvertes futures ne la changeront pas, je pense que personne ne me fera d'objection, à laquelle je m'exposerais incontestablement en soutenant l'opinion contraire; car la certitude de la loi résulte de l'accord des travaux multipliés qui y ont conduit et de celui des

travaux ultérieurs qui l'ont confirmée de la manière la plus heureuse, en en étendant encore la généralité.

» Mais, si ces travaux de l'ordre le plus élevé montrent de la manière la plus évidente la sublimité de la science du calcul qui aboutit au *concret*, en découvrant les lois du mouvement des masses des corps célestes, ne perdons pas de vue qu'aux distances où ces *corps* célestes agissent, ils n'agissent que par *leurs masses respectives*. De sorte que les phénomènes si complexes et si variés qui ne se manifestent à nous qu'au contact apparent de la matière et qui portent à la fois sur l'*état d'agrégation* de ce que nous appelons *atomes* ou *molécules* et sur leurs *propriétés chimiques et organoleptiques*, n'ont aucune influence dans les actions qui sont du ressort de la mécanique céleste.

» Parmi des phénomènes moins simples que ceux qui concernent la gravitation, il en est un certain nombre du domaine de l'optique, *la loi de la réflexion de la lumière*, par exemple, qui semblent bien ne pas recevoir de modification des travaux futurs.

» Mais il en est tout autrement des connaissances chimiques, et surtout de celles qui concernent l'histoire des êtres vivants. A la vérité, la question que je me propose de traiter n'a point cette complication, puisqu'elle est restreinte à l'examen critique de l'histoire du mètre fait conformément à l'esprit du livre que j'offre à l'Académie. »

SYSTÈME MÉTRIQUE. — *Examen critique de l'histoire du mètre;* *par* **M. Chevreul.**

« Après avoir parlé de la différence existant entre les mathématiques pures et la science du *concret*, conformément à la définition du mot *fait*, à celle de la *méthode* A POSTERIORI *expérimentale*, et encore conformément à la *distribution des sciences du domaine de la philosophie naturelle*, imprimée dans les *Mémoires de l'Académie* (t. XXXV), je viens aujourd'hui réaliser l'intention que j'ai exprimée dans la séance du 23 d'août 1869, après la lecture du Rapport fait au nom d'une Commission composée de MM. Élie de Beaumont, Mathieu, Morin, Regnault, Le Verrier, Faye, et Dumas Rapporteur.

» J'ai dit à cette occasion :

« Après avoir entendu le Rapport qui vient d'être lu sur le système
» métrique français, j'éprouve la plus vive satisfaction, et je m'empresse
» d'autant plus d'y donner ma pleine adhésion, que prochainement je ferai

» hommage à l'Académie d'un ouvrage sur la *méthode* A POSTERIORI *expé-*
» *rimentale* et sur *ses applications;* on verra que c'est sur la base même de
» cet ouvrage que repose l'adhésion que je suis si heureux de donner à la
» conclusion du Rapport et à l'esprit qui l'a dicté. »

» Depuis la séance où ces paroles furent prononcées, des observations sur le Rapport du 23 d'août ont été adressées à l'Académie, et deux de ses Membres, *juges compétents* dans la question, y ont répondu. Je dis *juges compétents*, parce qu'en venant après eux, je reconnais mon incompétence sur le fond de la discussion; ce n'est donc pas comme géomètre, ni même comme physicien que je veux parler, mais simplement avec l'intention d'appliquer à l'*histoire du système métrique un* EXAMEN CRITIQUE *conforme à la méthode dont l'ouvrage que j'offre à l'Académie est le sujet, examen d'après lequel je motive l'adhésion que j'ai donnée aux conclusions du Rapport et à l'esprit qui l'a dicté.*

» Le premier savant français qui proposa à l'Académie des Sciences de prendre une unité de mesure dans la nature est Brisson. Le 14 d'avril 1790, il lut un Mémoire intitulé : *Essai sur l'uniformité des mesures, tant linéaires que de capacité et de poids, et sur une nouvelle manière de construire les toises destinées à servir d'étalon* (1).

» Brisson donne son Mémoire comme le résultat des réflexions qu'il a faites, après que M. l'Évêque d'Autun eut proposé à l'Assemblée nationale de rendre uniformes dans tout le Royaume les poids et les mesures.

» Brisson ne reconnaît dans la nature de *longueur constante* que celle du pendule pour un lieu déterminé; et de *poids invariable*, pour un volume déterminé à une température donnée, que celui de l'or à 24 karats, ou de l'argent à 12 deniers, ou encore de l'eau distillée, à laquelle plus tard il donnait la préférence.

» Brisson ajoute que la longueur du pendule varie suivant les différentes latitudes, et qu'il est nécessaire de faire usage de celle d'une latitude déterminée, qu'il lui paraît indifférent de choisir l'une ou l'autre, pourvu qu'elle *soit bien connue.* « On a proposé, dit-il encore, de choisir pour mesure
» élémentaire la longueur du pendule qui bat les secondes à 45 degrés de
» latitude, mais *cette longueur n'a été que calculée, il faudrait la connaître*
» *par l'expérience,* ce qui exigerait un travail long et pénible.... Enfin pour-
» quoi ne prendrait-on pas pour mesure la longueur du pendule qui bat

---

(1) Ce Mémoire est imprimé dans le Recueil de l'Académie, portant en titre : *Année* 1788; la date de l'impression est 1791.

» les secondes à Paris? celle-ci est bien connue; elle a été déterminée par
» des expériences rigoureuses faites par M. de Mairan; elle ne diffère que
» très-peu de celle du pendule à 45 degrés (de latitude); ce choix épargne-
» rait beaucoup de temps, de travail et de dépenses. »

» La longueur de la *mesure élémentaire* proposée par Brisson était : 3^pieds 0^pouce 8^lig $\frac{17}{30}$.

» Faisons deux remarques sur la proposition de Brisson.

» 1° La *mesure élémentaire* qu'il propose est conforme à l'opinion de prendre cette *mesure* dans la nature; elle est déduite d'un phénomène dépendant de la pesanteur et susceptible d'être mesuré d'une manière précise.

» 2° Cette *mesure* n'est point à reconnaître; déterminée en 1735 par Mairan, c'est la longueur du pendule qui bat la seconde à la latitude de Paris.

» On voit, conformément aux idées du petit livre sur la *Méthode*, que j'ai rappelées au commencement de ma Communication, que la *proposition de Brisson* est en accord parfait avec la manière dont j'envisage la *méthode* A POSTERIORI; car il ne propose pas en principe de rechercher une *grandeur* qu'on ne connaît point encore; il propose une *grandeur parfaitement déterminée* à son sens, qui est celle du phénomène naturel.

» J'ajoute que Brisson proposait que la longueur du pendule qui bat les secondes à Paris devînt l'élément de toutes les mesures linéaires, et que du pied cube, qui lui-même tire sa mesure de cette longueur, dérivassent toutes les mesures de capacité, tandis que les poids seraient déterminés par celui du nouveau pied cube d'eau (1).

» La Commission des poids et mesures qui vint après Brisson préféra, à la longueur du pendule à seconde pris à la latitude de Paris, *la dix-millionième partie du quart du méridien de Paris.*

» Après avoir parlé de mon incompétence pour traiter le fond de la question du *système métrique*, je me garderai bien d'émettre une opinion en faveur de la *mesure élémentaire* la plus convenable. Mais, conformément à la manière dont je viens d'envisager la *proposition de Brisson* comme *rentrant dans la méthode* A POSTERIORI, je me permettrai d'ajouter que la Commission qui posa en principe que la *mesure élémentaire* est la dix-millionième partie du quart du méridien de Paris, procéda par la *méthode* A PRIORI, puisque cette *mesure élémentaire* devait être déduite d'une grandeur

---

(1) *Mémoires de l'Académie*, année 1788, p. 725.

qui, aujourd'hui même, n'est point déterminée d'une manière précise, sans qu'on se fût préoccupé des difficultés qui pouvaient se présenter lors de son exécution.

» Eh bien! ces difficultés se sont présentées; elles sont réelles, on ne les prévoyait pas, je les résume comme faits accomplis dans les diverses grandeurs de la dix-millionième partie du méridien indiquées à diverses époques, soit qu'on les proposât pour mètre ou non.

» Une loi du 18 de germinal de l'an III (7 d'avril 1795) fixe la longueur du mètre *provisoirement* à $3^{\text{pieds}}\,11^{\text{lig}},442$.

» Une loi du 6 de messidor de l'an VIII (25 de juin 1800) la fixe à $3^{\text{pieds}}\,11^{\text{lig}},296$; la différence est — 0,146.

» C'est cette longueur fixée en l'an VIII qui fait loi en France, et que représente un *mètre prototype déposé aux Archives*.

» De 1836 à 1840, Puissant signala une erreur de calcul dans la *distance méridienne* de Montjouy à Formentera. L'erreur corrigée, il porta la longueur du mètre, conformément à ses calculs, à $3^{\text{pieds}}\,11^{\text{lig}},375$.

» Enfin, en 1841, Bessel évalua le quart du méridien à 10 000 856 mètres, au lieu de 10 millions admis par la Commission des poids et mesures.

» Quelle conclusion vais-je tirer des faits que je rappelle?

» Exactement celle de la Commission.

» Exactement celle de l'Académie.

» Non-seulement il y a tout avantage à *conserver le mètre tel qu'il a été fixé par la loi de l'an VIII*, mais il y aurait le plus grave inconvénient à instituer une Commission internationale pour le modifier, soit qu'elle voulût en faire absolument la dix-millionième partie du quart du méridien de Paris, soit que, renonçant à cette modification, elle en cherchât toute autre. Je vais exposer les raisons que j'ai de rejeter ces deux modifications.

A. *Motifs de ne pas modifier le mètre en attendant la mesure* ABSOLUE *du quart du méridien de Paris.* — Sans doute il eût été désirable que le *mètre légal* de l'an VIII fût l'expression exacte de la dix-millionième partie du quart du méridien de Paris; mais, cela n'étant pas, il faut le reconnaître et en profiter pour l'avenir comme fait accompli propre à montrer la *difficulté qu'il y a de réaliser parfaitement une idée applicable au concret, telle que l'esprit l'a conçue.*

» Pénétré de cette vérité, je dis, avec l'Académie : Conservons le *mètre légal*, dont l'usage ne peut donner lieu à aucune erreur dans la science, et

dont l'idée qui a présidé à son établissement a été si heureusement développée en le prenant comme *radical des mesures de surface, de capacité et de poids*.

» Si quelque jour on arrive à connaître la *longueur absolue* du quart du méridien de Paris, du pôle nord à l'équateur, probablement sa dix-millionième partie sera un peu plus grande que le *mètre légal;* mais, cette différence reconnue et fixée, le but des savants de la *Commission des poids et mesures* sera atteint en ce sens, que le *mètre légal aura un rapport absolument précis avec une grandeur naturelle déterminée, celle du quart du méridien de Paris;* seulement ce rapport n'en sera pas exactement un dix-millionième, mais il en sera très-rapproché.

» Certes, il y aurait bien des inconvénients pour la société et pour la science que l'on ne s'expliquât pas aujourd'hui nettement sur la conservation du *mètre légal;* car laisser croire que le *mètre actuel* n'est que *provisoire* serait troubler la sécurité de toutes les transactions commerciales, surtout quand on tient compte de l'adoption qu'en ont faite déjà plusieurs nations de l'Europe et de l'Amérique.

» D'ailleurs, avec l'expérience du passé, en considérant la distinction que j'ai faite quant à la *certitude entre les résultats des mathématiques pures et ceux de l'étude du concret*, l'*absolu* dans la question du mètre rapporté à la mesure du quart du méridien me paraît un *idéal si éloigné de la réalité* que mon vote a été en faveur du Rapport de la Commission; et, pour dire toute ma pensée, si, avec l'expérience que j'ai aujourd'hui, j'eusse eu à émettre une opinion dans les dix dernières années du XVIII^e^ siècle, sans rien affirmer pourtant, j'aurais pu me prononcer en faveur du *mètre représentant la longueur du pendule donnant la seconde à Paris;* mais certes je n'aurais pas voté *à priori* pour prendre la dix-millionième partie du quart du méridien de Paris, qui n'était point déterminée d'une manière absolue et qui ne l'est même point encore en ce moment.

» B. *Motifs de rejeter le* MÈTRE QUALIFIÉ D'EUROPÉEN *proposé par la Conférence géodésique réunie à Berlin en* 1867 (7^e^ et 8^e^ propositions). — « La » longueur de ce mètre européen », je copie textuellement, « devrait dif- » férer aussi peu que possible de celle du mètre des Archives de Paris. »

» Si cette phrase est une politesse à l'adresse des auteurs du système métrique, comme Français, j'en remercie les Membres de la Conférence géodésique de Berlin, mais, comme logicien, je n'en comprends pas le sens, et voici pourquoi :

» M. Jacobi, fort de l'opinion de l'illustre Bessel, *déclare l'impossibilité que dorénavant le monde savant revienne à la recherche de mesures soi-disant absolues et naturelles.*

» D'où je conclus que le *mètre européen* ne serait point dans ce cas, et qu'en cela il ressemblerait au *mètre de l'an VIII*, qui n'est pas en réalité la dix-millionième partie du quart du méridien de Paris.

» Dans cet état de choses, pour que la *Conférence géodésique de Berlin* projette de remplacer le *mètre de l'an VIII*, c'est qu'elle le trouve défectueux.

» Eh bien! le trouvant tel, *je ne comprends pas* la phrase : *ce* MÈTRE EUROPÉEN *devrait différer aussi peu que possible du mètre de l'an VIII!*

» Dès lors, pour que j'eusse compris la *proposition de la Conférence*, il eût fallu dire en quoi le mètre de l'an VIII est défectueux, sans ajouter que le MÈTRE EUROPÉEN devrait en différer aussi peu que possible!

» *Conclusion.* — D'après les motifs précédents il y a nécessité, conformément au Rapport fait à l'Académie, de conserver le *système métrique.*

» Depuis soixante-neuf ans, l'usage continu qu'on en a fait en France n'a présenté que des avantages au double point de vue de la science et des transactions sociales; et c'est parce que différents peuples ont été convaincus de ces avantages, qu'ils l'ont adopté sans hésitation.

» Mais tout contraire que je suis à l'établissement d'un *mètre européen différent du mètre de l'an VIII*, j'émets le vœu qu'une Commission internationale s'occupe de multiplier les *mesures prototypes*, en s'éclairant de toutes les lumières de la science actuelle, pour leur donner la plus grande exactitude et les fabriquer aux moindres frais possibles, afin d'en répandre partout l'usage.

---

» Si j'ai abusé du temps de l'Académie en parlant d'un sujet auquel je suis si absolument étranger, je me plais à croire qu'elle me permettra d'atténuer ma faute en reproduisant un passage de la *Nouvelle description géométrique de la France*, par Puissant :

« L'incertitude qui reste encore sur la véritable longueur du quart du
» méridien terrestre, malgré la précision des mesures géodésiques mises en
» comparaison, ne doit affaiblir en rien l'intérêt que les savants attachent
» à la possession d'une unité linéaire représentant la dix-millionième
» partie de cette longueur, parce qu'en définitive, le mètre *légal* est censé
» dériver d'un ellipsoïde de révolution dont la surface s'écarte le moins

» possible de celle du globe terrestre. D'ailleurs notre système métrique,
» si remarquable par sa simplicité et d'un usage si commode dans les transactions commerciales, est une de ces réformes utiles que la postérité ne peut manquer d'accueillir avec reconnaissance ; et il y a lieu d'espérer qu'il y passera dans toute sa pureté originelle, puisqu'une loi rendue dans la session de 1837 rejette les dénominations et subdivisions anciennes qui avaient été si mal à propos appliquées à la plupart des mesures nouvelles et tolérées dans les actes publics. » (2e Partie, p. 609; Paris, 1840.)

» Ce passage est d'autant plus remarquable, qu'il suit immédiatement la conclusion où l'a conduit la correction de la distance méridienne de Montjouy à Formentera.

» D'après deux corrections, la longueur du mètre provenant des mesures de France, d'Angleterre et du Pérou serait de. . . . . . . $3^{\text{pieds}}\,11^{\text{lig}},375$
tandis que la longueur légale est de. . . . . . . . . . . . $3^{\text{pieds}}\,11^{\text{lig}},296$

$0^{\text{pied}}\,00^{\text{lig}},079$

» En rappelant que le travail de Puissant a précédé celui de Bessel, en considérant que si quelqu'un était en droit, d'après ses travaux, de déclarer en France que le *mètre actuel* ne devait être que *provisoire* et non *définitif*, c'était l'homme, dont le nom lié indissolublement à la géodésie moderne, honora l'Académie par des travaux aussi savants que consciencieux et par un caractère aussi digne que modeste, qualités qui ont été si bien appréciées d'ailleurs dans l'éloge qu'a fait de notre ancien confrère, M. le Secrétaire perpétuel Élie de Beaumont. Or, lorsqu'une autorité aussi compétente en géodésie que Puissant a conclu à la conservation du mètre de l'an VIII, il y a trente ans, on voit que cette opinion a été constamment celle de l'Académie. »

« **M. le Secrétaire perpétuel** avait annoncé à l'Académie l'arrivée prochaine à Paris de M. de Jacobi; il avait ajourné, en conséquence, la lecture de la Lettre envoyée par le savant physicien au sujet du système métrique. Il est heureux aujourd'hui de pouvoir dire que des explications ayant été échangées, l'importante Communication de l'illustre Membre de l'Académie de Saint-Pétersbourg insérée plus loin, peut devenir le signal d'un mouvement considérable d'extension pour l'adoption du système métrique par les nations civilisées. Les vœux de l'ancienne Académie des Sciences n'ont donc jamais semblé plus près de se réaliser. »

## MÉMOIRES LUS.

SYSTÈME MÉTRIQUE. — *Note sur la confection des étalons prototypes, destinés à généraliser le système métrique; par* M. DE JACOBI.

« M. le Secrétaire perpétuel a bien voulu m'engager à profiter de mon court séjour à Paris pour donner à l'Académie quelques explications concernant la proposition, faite par l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg, de former une Commission internationale dans le but de régler la confection des étalons prototypes et de créer une unité de mesures véritablement universelle et effectivement internationale.

» L'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg n'a jamais laissé échapper l'occasion de se prononcer en faveur du système métrique français. Autant que c'était dans ses attributions, elle n'a cessé de recommander à l'Administration l'adoption de ce système; mais c'est surtout au point de vue de la science qu'il lui a paru indispensable que les savants de tous les pays adoptassent un langage uniforme en tout ce qui concerne l'expression des quantités mesurables. Pour rendre ses convictions à cet égard plus manifestes, elle a d'abord formellement émis le vœu que ses Membres se servent à l'avenir, dans leurs publications, uniquement des poids et mesures du système métrique français. Ensuite elle a décidé que des invitations soient adressées aux Universités et aux autres corporations scientifiques et techniques du pays, d'adopter le même moyen et de soumettre à M. le Ministre de l'Instruction publique un Mémoire pour attirer son attention sur les avantages de répandre dans les écoles primaires une connaissance plus étendue du calcul décimal et de ses applications au système métrique. Enfin, dès l'année prochaine, les observations météorologiques faites dans les nombreux établissements répandus sur le vaste territoire de la Russie seront publiées en mesures métriques, et, quant aux thermomètres, en centigrades.

» Il est vrai que ces décisions ne concernent que des applications du système métrique dans les sciences, mais l'Académie est convaincue que la force des choses ne tardera pas à étendre ces applications à d'autres domaines encore. Aussi est-il constaté par mille exemples que les vérités et les faits acquis par la science sont des germes indestructibles qui font éclosion là où l'on s'y attend le moins. Ce n'est donc qu'une question de temps de voir subir par les administrations, aujourd'hui les plus réfractaires, l'influence irrésistible de ces faits et de ces vérités.

» Pour désigner nettement la position de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg vis-à-vis du système métrique français, il suffit de renvoyer à la proposition mentionnée, dans laquelle elle a déclaré qu'elle reconnaît à ce système tous les avantages d'un système universel des poids et mesures, et qu'elle considère les étalons déposés aux Archives de France comme les étalons prototypes de ces mesures. Quant à l'origine de ces prototypes, elle en a toujours tenu compte pour s'inspirer du glorieux exemple de vos illustres prédécesseurs, qui n'ont pas reculé devant les immenses difficultés qui s'opposaient à l'accomplissement de leur mission. Elle a tenu aussi compte de la critique de leurs travaux. La mesure de l'arc méridien français, en la confrontant avec les remarquables travaux exécutés depuis, n'est pour elle qu'une confirmation de plus que, malgré toutes les hypothèses et tous les calculs, la nature n'a pas pu faire de la figure de la Terre un ellipsoïde de révolution.

» Le monde savant, en adoptant pour les besoins de la science un prototype quelconque comme mesure universelle, et qui doit servir non-seulement au présent, mais également à un avenir éloigné, fait un acte d'une haute importance. Il ne peut le faire sans s'imposer des devoirs graves, pour l'accomplissement desquels il est responsable envers la postérité. Sous ce rapport, il doit être inexorable, et surtout ne pas faire des concessions qui pourraient le faire déroger de ses convictions ou forfaire à sa conscience scientifique. Il croit de son premier devoir de se préoccuper et de s'inquiéter de l'intégrité de son prototype et de sa conservation illimitée, autant qu'il est permis à l'homme de se servir de cette expression, et il ne peut remplir ce devoir qu'en rendant le monde civilisé entier responsable de cette intégrité et de cette conservation. Ceci s'applique à un prototype de convenance quelconque que le monde savant aurait été libre de choisir, en faveur duquel on aurait pu faire valoir des raisons d'opportunité plus ou moins fortes, et auquel il n'aurait pas été impossible d'appliquer l'organisation parfaite et logique du système métrique français. En renonçant, je suppose, à tout jamais à toute alternative à cet égard, et en adoptant franchement comme son prototype l'étalon déposé aux Archives de France, le monde savant cède moins à une nécessité matérielle qu'au besoin de rendre un hommage éclatant, qui est en même temps un juste tribut de reconnaissance, non-seulement à la glorieuse initiative de la France et de ses illustres savants, mais aussi aux sacrifices matériels et intellectuels qu'elle n'a pas cessé de supporter pendant plus d'un demi-siècle pour le développement de cette œuvre importante.

» Dans l'état actuel des choses, le problème de rendre le monde civilisé entier responsable de l'intégrité et de la conservation illimitée de son étalon prototype, qui n'est plus le prototype exclusif de la France, mais celui du monde entier, ce problème n'admet qu'une seule solution correcte. Il ne suffit point, à cet effet, de faire une copie à trait de l'étalon à bout des Archives, non plus que d'envoyer un délégué d'un pays quelconque à Paris pour prendre de cette copie à trait une nouvelle copie, et d'employer à cet effet un métal quelconque qui lui semble le plus propre; il ne sagit plus d'entreprendre des travaux isolés, quelque méritoires qu'ils soient, mais d'un travail collectif, auquel participeront au même titre, et sur le pied d'égalité, les délégués de tous les pays. Ce travail collectif consistera à faire fabriquer à la fois, et dans les meilleures conditions possibles, un nombre considérable d'étalons prototypes sur le modèle de l'étalon des Archives françaises, d'employer à cette fabrication des substances qui, par leur composition chimique, par leur constitution moléculaire, par leur coefficient de dilatation par la chaleur, présenteront toutes les garanties d'homogénéité que les progrès de la technique et des arts métallurgiques peuvent offrir. Ces copies, auxquelles on donnera exactement les mêmes dimensions, seront comparées avec l'étalon prototype et entre elles, au moyen d'un comparateur qui réunira tout ce que la science, de concert avec la technique des instruments de précision, pourra produire de plus accompli, et dont la construction ne sera gênée par aucune considération d'économie. Les étalons, ainsi construits et rendus identiques par leur longueur dans les limites les plus restreintes, seront distribués aux différents pays, où ils seront conservés dans des conditions similaires, qui les mettront autant que possible à l'abri de toute atteinte extérieure et des influences élémentaires.

» L'avantage de cette opération, dirigée avec des soins extrêmes et sous les auspices des personnes les plus compétentes, sera d'établir ce système métrique international sur les bases les plus larges et de lui assurer toute la solidité requise. En effet, en considération de la perfection extrême des moyens de confection et des méthodes de comparaison employées, les étalons sortis de cette opération collective ne seront pas des copies, dans l'acception usuelle de ce mot, mais des véritables étalons prototypes, dont chacun aura le droit, je ne dis pas *historique*, mais *scientifique*, de remplacer l'original dans les Archives de France. Ceci est d'autant plus vrai, qu'il nous est permis de supposer que les moyens de confection et de vérification que nous emploierons ne seront pas inférieurs à ceux employés il y a soixante-dix ans. Et si l'on s'avisait de construire à côté de nos copies

exactes du mètre des Archives un même nombre d'étalons dont chacun serait tenu d'avoir une longueur de $0^{toise},513074$, nous obtiendrions à coup sûr les mêmes résultats, c'est-à-dire deux séries de mesures équivalentes sous tous les rapports. Ou, en d'autres mots, nous espérons que les étalons de la Commission internationale future exprimeront la longueur de $0^{toise},513074$ avec la même exactitude que cette mesure de longueur est représentée par l'étalon prototype des Archives de France.

» Le but de la Commission internationale sera atteint dès qu'il n'y aura plus aucun centre de civilisation qui ne possède le mètre des Archives dans un ou plusieurs de ses équivalents, et qu'ainsi toutes les garanties exigibles concernant la perpétuité du système dont il forme la base seront acquises.

» Ces points de vue, Messieurs, que j'ai l'honneur de vous présenter, vous les trouverez, je le désire, à la hauteur de la chaleureuse coopération de la France, dont la conclusion du savant Rapport de votre illustre Secrétaire perpétuel, lu dans la séance de l'Académie du 23 août, nous a ouvert la perspective. Le monde savant applaudit à cette solution, parce qu'il y aperçoit le couronnement définitif de l'œuvre entreprise par vos illustres devanciers; et l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg, dont je suis heureux de pouvoir être ici l'organe, se félicite également de cette solution, et, bien loin de vouloir ravir à la France l'honneur de son initiative, ne tient, au contraire, qu'à l'affermir. »

« Après la lecture de cette Note, le Président, M. Chevreul, en remerciant M. de Jacobi de sa Communication, dit qu'il ne doute pas de la sympathie avec laquelle les amis des Sciences accueilleront les sentiments qui viennent d'être exprimés en termes si dignes : rien ne les satisfait plus que les conquêtes de l'esprit scientifique, appliqué sans cesse à rendre meilleures les conditions de l'humanité, et en applaudissant à tout ce qui rapproche les peuples civilisés, multiplie leurs relations mutuelles et en accroît l'intimité, ils considèrent qu'un des moyens les plus efficaces d'arriver à ce but est l'uniformité des poids et mesures, d'une si grande importance dans les transactions de tout genre. M. le Président invite M. de Jacobi à vouloir bien s'entendre avec la Commission du Système métrique de l'Académie sur ce qu'il y a de mieux à faire pour réaliser le plus tôt possible un désir partagé par les hommes éclairés de tous les pays. »

## MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les fonctions caractéristiques des divers fluides.* Mémoire de **M. F. Massieu.** (Extrait par l'Auteur.)

(Commissaires : MM. Combes, Regnault, Bertrand.)

« On sait que lorsqu'on communique à un corps, dont nous supposerons le poids égal à 1 kilogramme, une quantité infiniment petite de chaleur, cette quantité est employée : 1° à produire du travail externe résultant de la dilatation de ce corps; 2° à produire du travail interne; 3° à augmenter la chaleur sensible du corps. Il n'est pas possible, sans hypothèse, de séparer réellement dans les formules de la thermodynamique les deux dernières parties, lesquelles ne figurent jamais que par leur somme $dU$, U désignant ce que plusieurs auteurs appellent la chaleur interne du corps, prise à partir d'un certain état, et représentant une somme d'effets mécaniques et calorifiques qui se fondent ensemble, en vertu du principe de l'équivalence de la chaleur et du travail.

» Si nous désignons par $p$, $v$, $t$ la pression, le volume et la température centigrade du corps, le travail produit sera exprimé par $pdv$, et sera calorifiquement équivalent à $Apdv$, A étant la fraction $\frac{1}{424}$; on aura donc

$$dQ = dU + Apdv. \tag{1}$$

D'un autre côté, il résulte, des principes combinés de Joule et de Carnot, que si l'on désigne par $dQ$ la chaleur fournie ou enlevée à chaque instant (suivant que $dQ$ est positif ou négatif) au corps considéré, pendant qu'il fait une évolution complète suivant un cycle formé et réversible, on a

$$\int \frac{dQ}{T} = 0,$$

T étant la température absolue et égale par suite à $273 + t$. Il résulte de là que $\frac{dQ}{T}$ est la différentielle exacte $dS$ d'une fonction S des variables indépendantes qui suffisent à définir l'état du corps, et par conséquent de deux des trois quantités $p$, $v$, $t$, puisqu'on sait que la troisième, ainsi d'ailleurs que la chaleur interne U, est une fonction déterminée des deux autres pour chaque corps. La fonction S est désignée par Clausius sous le nom d'*entropie*.

» Si nous choisissons pour variables indépendantes $v$ et $t$, l'équation (1) donne

$$(2) \qquad dQ = \frac{dU}{dt}dt + \left(\frac{dU}{dv} + Ap\right)dv,$$

d'où

$$(3) \qquad ds = \frac{dQ}{T} = \frac{1}{T}\frac{dU}{dt}dt + \frac{1}{T}\left(\frac{dU}{dv} + Ap\right)dv;$$

comme $dS$ est une différentielle exacte, on doit avoir

$$\frac{d}{dv}\left(\frac{1}{T}\frac{dU}{dt}\right) = \frac{d}{dt}\left[\frac{1}{T}\left(\frac{dU}{dv} + Ap\right)\right].$$

En développant cette relation et groupant convenablement les termes, on obtient

$$(4) \qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{Ap}{T}\right) = \frac{d}{dv}\left(\frac{U}{T^2}\right);$$

par conséquent l'expression

$$(5) \qquad d\psi = \frac{U}{T^2}dt + \frac{Ap}{T}dv$$

est la différentielle exacte d'une fonction $\psi$ des variables indépendantes. J'appelle cette fonction *fonction caractéristique du corps :* en effet, lorsqu'elle est connue, on peut en tirer toutes les propriétés du corps que l'on considère dans la thermodynamique; d'abord, on en déduit immédiatement les expressions de U et de $p$ en fonction des variables indépendantes; ces expressions peuvent être portées dans la relation (2), qui devient alors

$$(6) \qquad dQ = \frac{d}{dt}\left(T^2\frac{d\psi}{dt}\right)dt + \left[\frac{d}{dv}\left(T^2\frac{d\psi}{dt}\right) + T\frac{d\psi}{dv}\right]dv;$$

de là on tire la valeur de $\frac{dQ}{T}$ ou $dS$, et l'on obtient facilement, pour l'entropie S,

$$(7) \qquad S = T\frac{d\psi}{T} + \psi = \frac{d}{dt}(\psi T);$$

$dQ$ et S sont donc complétement exprimés au moyen de la fonction $\psi$ et des variables indépendantes. On exprime de même, au moyen de la relation (6), et en remarquant qu'en vertu de l'équation (5) $\frac{Ap}{T} = \frac{d\psi}{dv}$, les chaleurs spécifiques $k$ et $k'$ à pression constante et à volume constant, les

coefficients de dilatation $\beta$ et $\beta'$ à pression constante et à volume constant, enfin le coefficient de compressibilité à température constante.

» On trouve de même une fonction caractéristique $\psi'$ du corps, en prenant pour variables indépendantes $p$ et $t$; on a, en posant, pour abréger,

$$U' = U + Apv,$$

$$d\psi' = \frac{U'}{T^2}\,dt - \frac{AV}{T}\,dp; \tag{8}$$

et les divers coefficients dont nous venons de parler, ainsi que $dQ$ et l'entropie S, s'expriment encore complétement au moyen de la fonction $\psi'$ et des variables indépendantes qui sont ici $p$ et $t$.

» Dans le Mémoire que j'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie, j'ai fait l'application des théories précédentes aux gaz, aux vapeurs saturées et aux vapeurs surchauffées; j'ai trouvé ainsi, pour les deux premières classes de corps, toutes les formules connues. Je n'insisterai pas ici sur ce point, et je me bornerai à donner les expressions des fonctions $\psi$ et $\psi'$, d'où, comme on vient de le voir, tout peut se déduire.

» Pour les gaz on trouve

$$\psi = k'\log T + \frac{273\,k'}{T} + (k-k')\log v,$$

$$\psi' = k\log T + \frac{273\,k'}{T} - (k-k')\log p$$

(tous les logarithmes de nos formules sont des logarithmes népériens).

» Pour les vapeurs saturées, on a

$$\psi = c\log T + \frac{273\,c}{T} + \frac{Ap(v-e)}{T}:$$

$c$ est la chaleur spécifique du liquide, $v$ le volume de 1 kilogramme de vapeur sèche ou humide, et $e$ le volume de 1 kilogramme de liquide, supposé constant.

» Pour les vapeurs surchauffées, $p$ et $t$ sont liés l'un à l'autre; il n'y a donc pas lieu de les prendre pour variables indépendantes, et de chercher une fonction $\psi'$.

» Pour les vapeurs surchauffées, l'emploi de $v$ et $t$ comme variables indépendantes conduirait à des expressions peu maniables; aussi je n'ai pas cherché de fonction $\psi$; mais j'ai trouvé une fonction $\psi'$, correspondant aux variables indépendantes $p$ et $t$, et qui est

$$\psi' = k\log T - \frac{Ape}{T} - \frac{\lambda - k\Theta}{T} + \frac{r}{\Theta} + (c-k)\log\Theta: \tag{9}$$

$k$ est la chaleur spécifique de la vapeur surchauffée à pression constante; $\Theta$ est la température absolue $273 + \theta$ de la vapeur saturée sous la pression $p$; $\lambda$ est la chaleur totale, égale pour l'eau à $606,5 + 0,305\theta$, et $r$ la chaleur d'évaporation, qu'on peut, avec Clausius, prendre égale, pour l'eau, à $607 - 0,708\theta$; $k$ est supposé invariable.

» Dans l'expression (9) de $\psi'$ il n'entre donc qu'une seule quantité spéciale à la vapeur surchauffée, c'est sa chaleur spécifique $k$ à pression constante; et il faut remarquer que l'expérience ne nous a encore fourni aucune autre donnée sûre. Voyons maintenant ce que nous donnera la théorie.

» De l'équation (8), où $\psi'$ est désormais connu, on déduit facilement $v$, U', et par suite U : de là on conclut la valeur de l'entropie

$$S = k \log T + (c - k) \log \Theta + \frac{r}{\Theta}.$$

On obtient de même la valeur $k - k'$ de la différence des deux chaleurs spécifiques; cette différence, dont l'expression algébrique est assez compliquée, varie un peu, dans l'hypothèse de $k$ constant, avec la pression et le degré de surchauffe; pour les surchauffes ordinaires, on peut prendre $k - k' = 0,131$, et pour les surchauffes excessives 0,125.

» On pourrait également des formules générales tirer, en fonction de $\psi'$, les valeurs des coefficients de dilatation sous pression constante, et à volume constant. Si l'on compte la dilatation à partir de zéro, et qu'on désigne par $\alpha$ le coefficient de dilatation dans cette hypothèse, on obtient

$$\frac{\alpha}{1 + \alpha\theta} = \frac{1}{\Theta} + \frac{k - \frac{d\lambda}{d\theta}}{r}. \tag{10}$$

» La recherche du coefficient de dilatation à volume constant aurait peu d'intérêt, mais en supposant, ce dont personne ne doute, que les vapeurs très-surchauffées se comportent comme les gaz, on obtient une expression de la loi des tensions maxima, qui reproduit d'une façon remarquable les résultats des expériences de M. Regnault, et dont M. Dupré avait déjà donné la forme par une tout autre méthode.

» Je suis, du reste, par la voie que j'ai suivie, parvenu à établir toutes les formules dont on a besoin pour résoudre les problèmes qui se rapportent aux vapeurs surchauffées, sujet qui, jusqu'à ce jour, n'avait été que fort incomplétement traité. Je suis obligé, pour abréger, de passer ici ces formules sous silence.

» Lorsqu'on rapproche toutes les parties de la théorie des vapeurs tant saturées que surchauffées, on reconnaît facilement que, pour édifier cette théorie, il suffit de connaître la chaleur spécifique du liquide, sa chaleur d'évaporation et la chaleur spécifique de sa vapeur sous pression constante : avec les seuls éléments fournis par l'expérience, on trouve les fonctions caractéristiques, et la théorie est faite; toutes les déterminations expérimentales que l'on aura en plus seront autant de vérifications de la théorie et des principes de la thermodynamique, et ces vérifications ne laissent rien à désirer. »

HYDRAULIQUE. — *Nouvelles études sur les eaux courantes.* Deuxième Mémoire (*) de **M. P. Boileau**, présenté par M. Serret. (Extrait par l'Auteur.)

(Commissaires : MM. Delaunay, Yvon Villarceau, Phillips.)

« Les relations générales que j'ai précédemment établies, soit pour l'ensemble d'un courant à régime uniforme, soit pour chacune des nappes à égale vitesse dont sa *région principale* se compose, entre le travail moteur de la gravité, la portion de ce travail qui est dépensée pour l'entretien des forces vives latentes, et celle qui est consommée par les résistances au mouvement relatif de transport, doivent être développées de manière à se trouver préparées pour les applications pratiques, au moyen de notions expérimentales dont les plus importantes sont les lois de la distribution des vitesses : le présent Mémoire a pour objet celles qui concernent les canaux et les rivières. J'avais reconnu, dès l'année 1845, en évitant toute influence anormale, que le maximum de vitesse a lieu en dessous de la surface; que sa position dépend principalement de mouvements moléculaires intestins; que, dans les deux parties de la hauteur des courants séparées par le point correspondant, la loi des vitesses n'est pas exactement la même, et que, dans la partie inférieure, sur la verticale du thalweg, cette loi peut être représentée par une fonction de la forme

$$v = A - Bz^2, \tag{1}$$

$z$ étant la hauteur de la surface au-dessus d'un filet quelconque dont la vitesse est $v$; postérieurement, j'ai pu étendre ces conséquences d'une première étude (**).

---

(*) *Voir* les *Comptes rendus*, t. LXVII.

(**) *Traité de la Mesure des Eaux courantes*; Paris, 1854.

» Les mesures de vitesses effectuées dans diverses sections du Mississipi, et faisant partie d'un ensemble d'investigations concernant le régime de ce grand fleuve (*) entreprises en 1850 par une Commission d'ingénieurs distingués des États-Unis, confirment les propriétés que j'avais indiquées; mais, pour établir l'équation de la parabole, on a pris des moyennes entre des résultats correspondant à des circonstances différentes. M. Bazin, dans un important ouvrage publié en 1865, a proposé, pour un cas particulier de ses expériences sur les canaux, une formule d'après laquelle le coefficient de $z^2$ serait proportionnel à la racine carrée de la pente, et inverse à la puissance $\frac{3}{2}$ de la hauteur des courants; mais les données expérimentales ne permettent pas de déterminer la position du maximum de vitesse, et laissent de l'incertitude sur la valeur de A. En résumé, une nouvelle recherche des coefficients de la formule primitive (1) paraissait nécessaire.

» Je démontre, en m'appuyant sur les propriétés de la parabole, que le facteur B varie en raison inverse du carré de la distance $\theta$ de la surface du courant au filet animé du maximum de vitesse, et que le terme A est égal à ce maximum V augmenté du coefficient de la proportionnalité de B; d'où il résulte que la loi de distribution des vitesses dans le thalweg est, entre le filet précité et le fond du lit,

$$v = \mathrm{V} + c - \frac{c}{\theta^2} z^2.$$

Pour la partie supérieure, dont la hauteur est $\theta$, j'ai obtenu par d'autres considérations la formule

$$v = w - \frac{c}{\theta^2} z^2 + \frac{\mathrm{V} - w + c}{\theta} z,$$

$w$ étant la vitesse superficielle. Quant au coefficient $c$, j'ai employé, pour le déterminer, les deux séries d'expériences que j'avais faites en 1845 dans les conditions du régime uniforme, une série de mesures de vitesses effectuées dans un bras du Rhin par M. Hennocque et la plus régulière des séries concernant le Mississipi : les deux premiers cas conduisent exactement à une même valeur numérique; pour les deux fleuves, la position du maximum de vitesse n'est pas déterminée avec autant de précision que dans ces cas, où les points d'observation étaient très-rapprochés, mais on peut lui assigner des limites certaines, et la valeur précédente de $c$ se trouve

(*) *Voir* le savant Rapport publié à Philadelphie en 1861 par MM. Humphreys et Abbot.

comprise entre celles qui correspondent à ces limites, de sorte qu'en considérant la grande différence des données principales des quatre séries, il y a lieu de reconnaître que ce coefficient est, ou constant, ou très-peu variable. On peut en juger par le tableau suivant :

| | Canal à section rectangulaire. | | Rhin. | Mississipi. |
|---|---|---|---|---|
| | m | m | | |
| Profondeur. | 0,206 | 0,348 | $2^m,450$ | $32^m,025$ |
| $\theta$......... | 0,050 | 0,064 | entre $0^m,40$ et $0^m,41$ | entre $6^m,10$ et $6^m,71$ |
| V........ | 0,616 | 0,871 | $0^m,810$ | $1^m,458$ |
| $c$......... | 0,0107 | 0,0107 | entre $0^m,01043$ et $0^m,01096$ | entre $0^m,0093$ et $0^m,0113$ |

» L'importance de la position du maximum de vitesse m'a engagé à en chercher la condition générale; en considérant, pour une tranche verticale du courant, le travail intestin comme composé de deux parties dont l'une dépend de la vitesse relative latérale, et l'autre de celle des filets consécutifs de cette tranche, j'ai reconnu que le filet animé de la plus grande vitesse absolue est celui pour lequel les dérivées du premier ordre des fonctions qui représentent ces deux travaux composants sont égales entre elles. Le maximum de vitesse est à une profondeur croissante avec la distance de la tranche considérée au thalweg, et la résistance de l'air en temps calme, tout en augmentant chacune des profondeurs, tend à les égaliser.

» Quant à l'influence de la pente des courants, mes calculs s'accordent avec ceux de M. Bazin, pour montrer que la vitesse relative des filets liquides augmente proportionnellement à la racine carrée de cette pente; mais la relation à laquelle j'ai été conduit par les résultats d'expérience obtenus dans les conditions du régime uniforme diffère notablement, sous d'autres rapports, de la formule précitée de cet ingénieur.

» Examinant les conséquences de l'ancienne théorie, je fais voir que, pour établir un accord entre les notions sur lesquelles elle s'appuie et les lois constatées de la distribution des vitesses, il faudrait faire dépendre de la résistance des parois les forces intérieures que cette théorie considère, et il y a lieu d'en inférer que les mouvements moléculaires excités par les aspérités de ces parois se propagent dans la masse liquide suivant une loi de décroissement fonction de la vitesse relative des filets. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Note sur l'oxydation de l'acide pyrogallique.* Note de **M. Aimé Girard**, présentée par M. Dumas.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

« L'oxydation de l'acide pyrogallique, lorsqu'elle a lieu dans une liqueur acide, est accompagnée d'un phénomène de réduction inattendu sur lequel je me propose d'appeler l'attention dans cette Note.

» Dans les circonstances habituelles, c'est-à-dire en présence d'un agent oxydant et d'un alcali, l'acide pyrogallique se transforme en oxyde de carbone, en carbonate et acétate alcalins, auxquels viennent s'ajouter des produits fortement colorés et incristallisables. Soumis, au contraire, à l'action d'un composé oxydant acidifié, le même acide se scinde nettement, d'une part en produits oxydés dont les principaux sont l'oxyde de carbone et l'acide carbonique, et, d'une autre, en un composé réduit, aussi intéressant par son mode de formation que par ses propriétés.

» Si l'on mélange, par exemple, une solution de nitrate d'argent avec une solution d'acide pyrogallique, et si l'on reprend par l'alcool le dépôt qui ne tarde pas à se former, on reconnaît que ce dépôt contient, à côté de l'argent réduit, un produit nouveau de couleur rouge, neutre, volatil et présentant, sous beaucoup de rapports, une analogie remarquable, quoique superficielle, avec l'alizarine et la purpurine extraites de la garance.

» La composition de ce nouveau produit correspond à la formule $C^{20}H^{8}O^{9}$ ou mieux $C^{40}H^{16}O^{18}$, comme le montrent les analyses ci-dessous, exécutées les unes sur des échantillons cristallisés, les autres sur des échantillons sublimés :

| | | | | | Moyenne. | Calculé. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Carbone..... | 59,6 | 60,0 | 60,0 | 60,1 | 59,9 | 60,0 |
| Hydrogène... | 4,0 | 3,9 | 4,0 | 3,9 | 4,0 | 4,0 |
| Oxygène..... | 36,4 | 36,1 | 36,0 | 36,0 | 36,1 | 36,0 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

» D'autres agents oxydants peuvent, comme le nitrate d'argent, donner naissance à ce produit, mais celui qui permet de l'obtenir avec le plus de régularité est le permanganate de potasse additionné d'acide sulfurique (1).

(1) M. E. Monier a signalé les vapeurs d'acétone comme accompagnant l'acide carbonique dans le cas d'oxydation vive de l'acide pyrogallique par le permanganate acidifié.

» Quel que soit, d'ailleurs, l'agent oxydant employé, il faut, pour obtenir ce nouveau produit, opérer avec prudence, si l'on ne veut retomber sur les produits fortement colorés qu'engendre presque toujours l'oxydation des composés galliques.

» Je me contenterai d'indiquer ici la manière de faire qui m'a, jusqu'à présent, fourni les meilleurs résultats. La solution oxydante est formée de 60 grammes de permanganate de potasse dissous dans un litre d'eau, et chaque litre est additionné de 55 grammes d'acide sulfurique monohydraté. L'acide pyrogallique est dissous dans une petite quantité d'eau, et on laisse tomber doucement, en évitant une trop grande élévation de température la liqueur oxydante dans la solution pyrogallique. Celle-ci se colore immédiatement en jaune foncé, et même en brun pour peu que l'action soit trop vive; elle laisse dégager, avec effervescence, un mélange d'oxyde de carbone et d'acide carbonique, et se trouble presque aussitôt, en laissant déposer des flocons cristallins d'un beau rouge orangé.

» Dans mes essais, exécutés nécessairement sur de petites proportions, je n'ai jamais eu de rendement inférieur à 12 pour 100 du poids de l'acide pyrogallique.

» Les flocons orangés sont lavés avec un peu d'eau, puis redissous dans l'alcool, ou sublimés. Le produit, qui est anhydre, a, dans les deux cas, la même composition et les mêmes propriétés; je le désigne sous le nom de *purpurogalline*.

» Dans la préparation de ce corps, l'agent oxydant ne doit pas être ajouté en quantité indéfinie, car la purpurogalline, ainsi que je l'indiquerai plus loin, est elle-même oxydable, et l'emploi d'un excès de nitrate d'argent, de permanganate, etc., la transforme en un composé plus coloré, brunâtre et non cristallisable. C'est à la formation de ce composé, formation que je n'ai pu éviter jusqu'ici, qu'il faut attribuer la faiblesse du rendement que j'ai constaté. Quoi qu'il en soit, si l'on opère avec la solution de permanganate dont j'ai donné la formule, 250 centimètres cubes suffisent pour 10 grammes d'acide pyrogallique.

» L'oxyde de carbone et l'acide carbonique sont les produits oxydés principaux qui accompagnent la purpurogalline. A côté de ces produits, j'ai reconnu la présence de l'acide oxalique, mais je ne saurais dire, dès aujourd'hui, si cet acide est un produit de la réaction primitive, ou s'il résulte d'une réaction secondaire. La formation de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone, la production de l'eau suffisent, du reste, à expliquer le phénomène, comme le montrent les deux équations suivantes :

$$4(C^{12}H^{6}O^{6}) + O^{10} = C^{40}H^{16}O^{18} + 8CO + 8HO,$$

$$4(C^{12}H^{6}O^{6}) + O^{18} = C^{40}H^{16}O^{18} + 8CO^{2} + 8HO.$$

» La purpurogalline sublimée se présente sous la forme de belles aiguilles d'un rouge grenat, plus colorées et plus brillantes que les aiguilles d'alizarine. Sa sublimation a lieu vers 200 degrés; dans les conditions ordinaires, cette sublimation est accompagnée d'une légère décomposition; mais cette décomposition est facile à éviter en projetant la matière sur un bain de mercure chauffé un peu au delà de 200 degrés.

» Elle est peu soluble dans l'eau, plus soluble dans l'alcool, soluble également dans l'éther et la benzine; elle colore tous ces dissolvants en jaune.

» Elle se dissout dans l'acide sulfurique et forme avec lui une combinaison cristallisée en belles aiguilles cramoisies que l'eau décompose aisément; la plupart des acides la dissolvent de même, sans l'altérer.

» L'acide nitrique l'attaque vivement; l'acide monohydraté peut même l'enflammer, l'acide ordinaire la convertit en acide picrique.

» Les solutions de purpurogalline prennent au contact de la potasse et de l'ammoniaque une belle coloration d'un bleu franc, mais cette coloration est éphémère; au bout de quelques minutes, la liqueur verdit, puis devient jaune.

» L'eau de chaux, l'eau de baryte colorent les mêmes solutions en bleu violacé, mais ces colorations ne tardent pas à disparaître.

» Le sulfate d'alumine ne modifie pas la teinte jaune des solutions de purpurogalline; mais, si l'on ajoute de l'ammoniaque, il se précipite bientôt une laque qui, du violet bleu, passe peu à peu au brun.

» L'acétate de plomb les précipite en brun rouge.

» L'azotate d'argent les colore d'abord en bleu violacé, puis la coloration se modifie, la liqueur brunit et l'argent est ramené à l'état métallique.

» Le chlorure d'or donne, avec ces solutions, une coloration d'un rouge carmin très-vif, qui disparaît également pour faire place à une coloration brune et à un dépôt d'or métallique.

» Les faits que je viens de rapporter montrent clairement que la purpurogalline, stable lorsqu'elle est isolée ou placée dans un milieu acide, s'oxyde avec rapidité lorsqu'elle est en présence des bases.

» La purpurogalline est une matière tinctoriale énergique; elle teint rapidement et profondément les tissus mordancés, mais les quelques essais que j'ai faits dans ce sens ne m'ont fourni jusqu'ici que des couleurs d'un

faible éclat. Avec les mordants de fer, j'ai obtenu des tons noirs et bruns; avec les mordants d'alumine, des tons rouge-brun et des tons bois. Quelques-unes de ces teintures paraissent cependant de nature à être l'objet de recherches suivies de la part des industriels compétents.

» Telles sont les principales propriétés de la purpurogalline. En poursuivant l'étude de ce nouveau composé, je recherche, en ce moment, s'il existe quelque relation entre lui et les acides rufigallique et ellagique. J'ai entrepris également d'examiner comment se comportent l'acide gallique et l'acide tannique placés dans des conditions identiques ou analogues à celles qui ont déterminé la formation de la purpurogalline. »

MINÉRALOGIE. — *Nouvelles recherches cristallographiques et optiques sur la forme clinorhombique du wolfram.* Note de **M. Des Cloizeaux**, présentée par M. Delafosse.

(Renvoi à la Section de Minéralogie.)

« Dans un Mémoire publié en 1850 (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome XXVIII), j'avais déjà cherché à prouver par des mesures directes que, contrairement à l'opinion de la plupart des minéralogistes, le wolfram appartenait au système clinorhombique, tout en offrant une forme *limite* très-voisine du type orthorhombique. Mais, comme on le sait, les cristaux de ce minéral se prêtent bien rarement à des mesures assez précises pour faire reconnaître un prisme d'une faible obliquité, et il ne m'avait pas été possible de multiplier assez mes observations pour les rendre indiscutables. De plus, au moment où ces observations ont été publiées, on ne connaissait que du wolfram opaque, et il ne paraissait pas probable qu'on pût arriver à contrôler les déterminations cristallographiques au moyen des caractères optiques. Les expériences de H. de Senarmont, sur la conductibilité calorifique des cristaux de wolfram, n'étaient d'ailleurs pas suffisantes pour décider la question; car, en opérant sur une lame mince, polie suivant le clivage facile, on voit bien que la courbe isotherme est une ellipse dont le grand axe paraît sensiblement parallèle à l'axe vertical du prisme primitif; mais ce parallélisme, qui existe forcément si le prisme est droit, peut exister fortuitement si le prisme est oblique.

» J'avais essayé, il y a quelques années, de soumettre au microscope polarisant les fines aiguilles rouges, translucides, de Schlaggenwald, désignées par Breithaupt sous le nom de *mégabasite*, et de très-petits prismes, d'apparence rectangulaire, également translucides, de Zinnwald; mais la

petitesse de ces aiguilles et de ces cristaux ne m'avait permis d'obtenir aucun résultat satisfaisant.

» Dans une excursion que j'ai faite à Saint-Pétersbourg, pendant l'été de 1868, j'ai été assez heureux pour recevoir de M. l'Ingénieur Koulibine, deux fragments de cristaux de Bayewka, près Ékaterinbourg (Oural), dont l'aspect extérieur rappelle celui du wolfram de Puy-les-Vignes, près Limoges, et d'Adun-Tschilon, dans l'Oural; seulement la poussière de ces cristaux est d'un rouge brun, et, à l'état de lamelles très-minces, ils sont transparents et d'un beau rouge. Cette transparence est suffisante pour permettre de constater, à travers des lames parallèles au clivage facile, que les axes optiques sont compris dans le plan même de ces lames, et que l'une de leurs bissectrices fait un angle d'environ 19 degrés avec l'arête verticale du prisme primitif.

» L'obliquité de ce prisme ne saurait donc être mise en doute, et les caractères optiques viennent confirmer les indications fournies par mes anciennes observations cristallographiques et par les différences physiques que tous les minéralogistes ont remarquées entre certaines faces des gros cristaux de Zinnwald.

» Le type cristallin étant fixé d'une manière définitive, j'ai essayé de nouveau de déterminer ses dimensions, en éliminant autant que possible les erreurs qu'entraîne nécessairement la mesure des angles des cristaux de wolfram; ces cristaux, même très-petits, se composent en effet de feuillets minces, superposés assez irrégulièrement pour que les différentes faces appartenant à une même zone se coupent suivant des lignes plus ou moins divergentes. Cette divergence ne paraissant soumise à aucune règle, j'ai trié avec soin une quarantaine de très-petits cristaux, au milieu d'une poudre grossière formée par un mélange de grenat manganésifère, de mica et de wolfram tantalifère, et provenant de la carrière de la Vilate, près Chanteloube (Haute-Vienne). J'ai choisi les moins imparfaits de ces cristaux, et j'ai multiplié sur eux les mesures propres à établir la valeur de l'obliquité de la forme primitive. En opérant ainsi, pour l'angle qu'une face du biseau principal $e^1$ fait avec le plan $h^1$ passant par les diagonales horizontales des bases, j'ai obtenu 75 valeurs de cet angle, à l'aide de 21 cristaux; la différence s'est élevée à $1\frac{1}{2}$ degré entre les valeurs extrêmes, mais elle se réduit à $\frac{1}{2}$ degré, lorsque l'on compare la moyenne générale avec les nombres déterminés seulement sur les cristaux les plus nets.

» Mes nouvelles recherches m'ont conduit à reconnaître que la diagonale inclinée de la base du prisme primitif fait, avec l'arête verticale antérieure

de ce prisme, un angle plus voisin de 90 degrés que je ne l'avais admis dans mon premier Mémoire, et, par suite, à modifier légèrement les incidences calculées contenues dans ce Mémoire. Les dimensions rectifiées de la forme primitive et les principaux angles du wolfram sont :

$b:h::1000:667,764 \quad D = 769,483 \quad d = 638,667.$

Angle plan de la base $= 100^\circ 36' 54''$.
Angle plan des faces latérales $= 90^\circ 24' 32''$.

$mm = 100^\circ 37'$ en avant.
$ph^1$ antér. $= 90^\circ 38'$.
$pd = 178^\circ 44'$; macle parallèle à $h^1$.
$o^2 h^1$ adjac. $= 118^\circ 6'$.
$a^2 h^1$ adjac. $= 117^\circ 6'$.
$o^2\,{}_{z}o = 123^\circ 48'$ sortant; macle parallèle à $h^1$.
$a^2\,{}_{z}v = 125^\circ 48'$ rentrant; macle parallèle à $h^1$.
* $e^1 e^1 = 98^\circ 6'$ sur $p$.
* $e^1 h^1$ post. $= 89^\circ 31'$.
* $b^{\frac{1}{2}} h^1$ adjac. $= 128^\circ 0'$.
$e^1\,{}_{1}\partial = 179^\circ 2'$ sortant; macle parallèle à $h^1$.
$h^1\,{}_{1}y = 178^\circ 54'$; macle parallèle à $e^{\frac{3}{2}}$.

» Les deux fragments cristallins de Bayewka, qui m'ont fourni des lames transparentes, étaient trop incomplets pour que j'aie pu m'assurer si la bissectrice des axes optiques, qui fait un angle de 19 degrés avec l'arête verticale $\frac{m}{m}$, s'incline vers la face antérieure $o^2$ ou vers la face postérieure $a^2$. La fragilité du minéral ne m'a pas non plus permis d'obtenir de lames normales aux bissectrices assez transparentes pour laisser apercevoir les anneaux colorés, soit dans l'air, soit dans l'huile; on ne sait donc encore rien sur l'écartement ou la dispersion des axes optiques.

» D'après les analyses de M. Koulibine, ce wolfram de Bayewka contient 21 pour 100 d'oxyde manganeux et seulement 2 pour 100 d'oxyde ferreux; il se rapproche donc beaucoup de la *Hubnérite* ($MnO, WO^3$) de l'État de Nevada; sa densité $= 7,357$.

» M. G. Rose est l'un des observateurs qui ont le plus contribué à faire regarder le wolfram comme orthorhombique, et la principale raison qu'il donnait de cette manière de voir était l'existence de macles, formées par deux individus assemblés suivant la face *inobservée* $e^{\frac{3}{2}}$, de manière à présenter leurs faces $h^1$ dans un même plan. Mais les échantillons qui offrent ce genre d'assemblage (au moins ceux que j'ai été à même d'examiner) ont

des dimensions considérables, comme la plupart des cristaux de Zinnwald; leurs faces $h^1$ portent des stries verticales plus ou moins profondes, et il paraît bien difficile, pour ne pas dire impossible, de distinguer à la simple vue si ces faces sont rigoureusement dans un même plan, ou si elles font entre elles l'angle de 178°54', déduit des données cristallographiques que j'ai adoptées. Il en est de même pour la macle la plus commune, qui résulte d'une hémitropie autour d'un axe normal à $h^1$ et qui appartient, comme je l'ai fait remarquer autrefois, à l'un des modes de groupement les plus fréquents dans les cristaux du système clinorhombique (pyroxène, amphibole, gypse, etc.); l'angle de 179°2', sous lequel doivent se couper les faces $e^1$ des deux individus accolés, est généralement inappréciable par suite des ondulations que présentent ces faces. Du reste, on ne doit pas trop s'appuyer sur un argument tiré de l'existence ou de la non-existence d'angles aussi voisins de 180 degrés, car on sait qu'il n'est guère de macle où l'accolement de deux individus se fasse avec une précision mathématique, et on remarque souvent, dans cet accolement, des coins de remplissage dont l'angle est de plus de 1 degré. »

MINÉRALOGIE. — *Sur la véritable nature de l'Esmarkite.* Note de **M. Des Cloizeaux**, présentée par M. Delafosse.

(Renvoi à la Section de Minéralogie.)

« On a désigné sous le nom d'*Esmarkite* deux substances tout à fait différentes, mais qui se trouvent ensemble à Brekke, près Brevig en Norvége. L'une est une véritable *praséolite*, qui se présente en prismes à 6 ou à 12 pans plus ou moins arrondis, d'un gris verdâtre ou bleuâtre, et dont la composition, établie par une analyse d'Erdmann, est celle de la Cordiérite ($MgO^2$, $Al^2O^6$, $SiO^{10}$), plus un équivalent d'eau; l'autre, à peine connue dans quelques collections, et dont il n'a été jusqu'ici fait mention dans aucun Traité de Minéralogie, a des caractères entièrement distincts, que j'ai pu étudier sur des échantillons bien authentiques, dans une visite que j'ai faite en Norvége, pendant l'été de 1868, à la belle collection du pasteur Esmark.

» Cette Esmarkite se présente en masses laminaires, très-rarement homogènes sur une étendue de 6 à 8 centimètres, le plus souvent interrompues et pénétrées ordinairement par du quartz, quelquefois par de la Wernérite, de la praséolite ou du mica. Trois clivages inégalement faciles permettent de diviser la substance en parallélipipèdes obliquangles, qui

offrent les formes $m$, $g^1$, $p$ d'un feldspath triclinique; suivant $p$, le clivage est facile et il produit des faces éclatantes; il est moins facile suivant $g^1$, et il est interrompu parallèlement à $m$. Les inclinaisons mutuelles de ces clivages sont d'environ :

$mg^1 = 117°53'$ moyenne.
$pg^1$ droit $= 93°51'$ moyenne.
$pg^1$ gauche $= 86°9'$ ($86°0'$ observé).
$pm = 111°38'$ moyenne.

» La face $p$ est sillonnée, parallèlement à son intersection avec $g^1$, par des stries fines, dues à l'interposition de nombreuses lames hémitropes, excessivement minces et parallèles à $g^1$. L'angle rentrant de deux bases voisines est de $172°18'$.

» On remarquera que les angles précédents sont très-rapprochés de ceux de l'anorthite, dans laquelle on a :

$mg^1 = 117°34'$.
$pg^1$ droit $= 94°10'$.
$pg^1$ gauche $= 85°50'$.
$pm$ $110°40'$.

» Le minéral est d'un gris verdâtre tirant sur le bleu; sa cassure est esquilleuse; son éclat, vitreux sur les plans de clivage, est gras dans la cassure. Il est translucide et devient transparent en lames très-minces. Le plan de ses axes optiques est oblique à $p$ et à $g^1$, et ce plan fait un angle aigu avec l'arête $\frac{p}{g^1}$; une des bissectrices est fortement oblique à la base, à travers laquelle on voit un seul système d'anneaux. Sa dureté est comprise entre celle de l'apatite et celle de l'orthose; sa densité $= 2{,}737$.

» Au chalumeau, il blanchit et fond difficilement, sur les bords minces, en verre incolore. L'acide azotique bouillant l'attaque en partie, en laissant un résidu blanc.

» Une analyse, faite par M. Pisani sur de petits fragments triés avec soin et bien vitreux, a donné (1) :

---

(1) Un échantillon blanchâtre un peu altéré, sans clivages apparents, regardé comme une sorte de Wernérite, et remis il y a quelques années par M. Sœmann à M. Pisani, avait fourni à ce chimiste :

$SiO^2$ 48,78 $Al^2O^3$ 32,65 $Fe^2O^3$ 0,87 $CaO$ 13,32 $MgO$ 1,15 $NaO$ 2,59
$KO$ 0,63 $HO$ 1,30 = 101,29.

| | | Oxygène. | | Rapport |
|---|---|---|---|---|
| Silice | 47,50 | | 25,33 | 5 |
| Alumine | 33,70 | | 15,70 | 3 |
| Chaux | 15,40 | 4,40 | | |
| Magnésie | 0,56 | 0,22 | 5,19 | 1 |
| Soude | 1,84 | 0,47 | | |
| Potasse | 0,59 | 0,10 | | |
| Eau | 0,94 | | | |
| | 100,53 | | | |

» Cette composition ne diffère de celle d'une anorthite que par une proportion de silice dépassant de 4 pour 100 celle qu'exigent le rapport $RO : R^2O^3 : SiO^2 :: 1 : 3 : 4$ et la formule $RO, R^2O^3, SiO^4$; mais ce désaccord, qui existe entre la composition théorique et les résultats obtenus directement, lorsqu'on regarde l'Esmarkite comme une anorthite, se présente aussi pour certaines anorthites vitreuses et bien caractérisées, sans qu'on puisse exactement en saisir la cause. Que l'on jette, en effet, les yeux sur les analyses suivantes : *a*, des cristaux de la Somma, par Abich; *b*, des gros cristaux blancs de Höjden en Suède, par Lindström; *c*, des grains cristallins de Selfjall en Islande, par Forchammer; *d*, des grains vitreux enchâssés dans une lave cellulaire des bords de la Thjorsà en Islande, par Damour :

| | *a*. | oxyg. | *b*. | oxyg. | *c*. | oxyg. | *d*. | oxyg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Silice | 43,96 | 23,44 | 43,51 | 23,20 | 47,63 | 25,40 | 45,97 | 24,52 |
| Alumine | 35,30 | 16,63 | 35,54 | 16,67 | 32,52 | 15,75 | 33,28 | 15,84 |
| Ox. ferrique | 0,63 | | 0,37 | | 2,01 | | 1,12 | |
| Chaux | 18,98 | | 18,78 | | 17,05 | | 17,21 | |
| Magnésie | 0,45 | | trace | | 1,30 | | » | |
| Soude | 0,47 | 5,79 | 0,54 | 5,59 | 1,09 | 5,40 | 1,85 | 5,40 |
| Potasse | 0,39 | | 0,51 | | 0,29 | | » | |
| Eau | » | | 1,84 | | » | | » | |
| | 100,18 | | 101,09 | | 101,89 | | 99,43 | |
| *Densité* | » | | 2,71 | | 2,70 | | 2,75 | |

on voit que les deux premières analyses, *a* et *b*, conduisent seules exactement au rapport 1 : 3 : 4 entre les quantités relatives d'oxygène des bases et de la silice; dans les deux autres, *c* et *d*, ce rapport se rapproche davantage de 1 : 3 : 5. Cependant, les grains vitreux d'Islande, malgré leur excédant de silice, s'attaquent aussi complétement par l'acide chlorhydrique que les cristaux de la Somma, et mieux que l'Esmarkite.

» Quoi qu'il en soit, d'après la très-grande analogie qui existe, pour la forme cristalline, la densité et la composition chimique, entre l'anorthite et l'Esmarkite, il paraît naturel de regarder cette dernière comme une simple variété laminaire de la première, plutôt que de l'ériger en une nouvelle espèce de feldspath comprise entre l'anorthite et le labradorite.

» L'Esmarkite n'a été jusqu'ici rencontrée que dans les granites de Brekke, paroisse de Bamle, près Brevig en Norvége, où elle est associée à de grandes aiguilles de bamlite, à de beaux cristaux de praséolite et de Wernérite, et à un mica vert. »

M. G. Brouzet adresse, de Nîmes, une Note « sur un procédé nouveau pour régénérer les graines de vers à soie ».

(Renvoi à la Commission de Sériciculture.)

M. Faye dépose sur le bureau de l'Académie un Mémoire destiné au concours pour le grand prix de Mathématiques à décerner en 1869 (question relative à l'accélération du moyen mouvement de la Lune), avec cette épigraphe : « parler sans haine et sans crainte, dire toute la vérité et rien que la vérité ».

(Renvoi à la Commission.)

M. Charrière adresse les figures de ses appareils de sauvetage et d'extinction dans les cas d'incendies, et quelques Notes additionnelles à ses précédentes Communications sur ce même sujet.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. de Saint-Venant est prié de vouloir bien s'adjoindre à la Commission nommée pour examiner le Mémoire de *M. Boussinesq* portant pour titre : « Essai sur la théorie des ondes liquides périodiques ».

Cette Commission se composera donc de MM. Delaunay, O. Bonnet, Jamin, de Saint-Venant.

## CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE. — *Sur la dilatation absolue du mercure, et sur la comparaison des thermomètres à mercure avec le thermomètre à air.* Lettre adressée à M. le Secrétaire perpétuel par **M. Bosscha** (1).

« J'ai l'honneur de vous envoyer ci-joint deux Mémoires, qui ont été publiés dans les *Archives néerlandaises de la Société de Harlem*, et que je vous prie de bien vouloir offrir de ma part à l'Académie des Sciences. Je me permets d'accompagner cet envoi de quelques remarques concernant le but et les résultats de mon travail. Vous m'obligeriez beaucoup en les communiquant à l'Académie. Mon seul but étant de fixer l'attention des physiciens sur une question qui me paraît très-importante pour la théorie de la chaleur, je serais heureux si le résumé suivant pouvait trouver une place dans les *Comptes rendus* de l'Académie.

» Mon premier Memoire contient les calculs par lesquels j'ai tâché de déduire, des expériences de M. Regnault sur la dilatation absolue du mercure, une valeur de cette constante plus exacte que celle que ce savant présente dans son Mémoire comme le résultat de ses recherches. Je m'étais d'abord proposé de vérifier simplement une formule, qui me paraissait être l'expression la plus probable de la loi de dilatation de ce liquide. Mais en examinant les expériences et les calculs de M. Regnault, je reconnus bientôt que la méthode par laquelle ce physicien a déduit les résultats numériques des données de ses observations est loin de suffire à la précision remarquable de ses mesures. Convaincu que les travaux de cet éminent expérimentateur ne pouvaient que gagner en valeur à mesure qu'ils étaient discutés avec plus de soin, je n'ai pas hésité à soumettre à un nouveau calcul l'ensemble des expériences sur la dilatation du mercure. Les conclusions auxquelles m'a conduit cet examen ont pleinement justifié mes prévisions. Pour exprimer la dilatation du mercure en fonction de la température, j'ai obtenu une formule qui satisfait bien mieux aux observations que la formule de M. Regnault.

» Encouragé par ce résultat, j'ai entrepris de traiter de la même manière les expériences sur la marche du thermomètre à mercure, expériences qui présentent, pour la détermination des constantes de la théorie de la chaleur,

(1) L'Académie a décidé que cette Communication, bien que dépassant les limites réglementaires, serait reproduite en entier au *Compte rendu*.

une bien plus grande importance, et qui paraissent devoir résoudre une question à laquelle on a accordé trop peu d'attention jusqu'ici.

» On se souvient que M. Regnault, à la suite de ses expériences sur la mesure des températures, a admis que, entre zéro et 100 degrés, il existe une légère différence de marche entre le thermomètre à mercure et le thermomètre à air. D'après lui, les thermomètres à mercure seraient, entre les limites de température citées, constamment en retard sur les thermomètres à air. Mais cette conclusion est *en contradiction* avec d'autres expériences plus anciennes de M. Regnault et avec celles d'autres physiciens qui ont tâché de déterminer la différence de marche des deux instruments. Il paraît que la discordance des résultats obtenus a induit M. Regnault à regarder la détermination exacte de cette différence comme un problème dont la solution, dans l'état actuel de la science, dépasse les limites de nos ressources expérimentales.

» Cependant la connaissance exacte de la marche du thermomètre à mercure est de la plus grande importance pour les mesures calorimétriques. La distance qui sépare les températures initiale et finale du calorimètre est ordinairement si faible, qu'une légère erreur dans la détermination de ces températures exerce une influence considérable sur le résultat.

» Il suffira de remarquer que M. Regnault a cru devoir évaluer les corrections de ces températures jusqu'à *un dix-millième du degré centigrade.* Or il est facile de démontrer que la correction à appliquer par suite de la différence de marche du thermomètre à mercure et du thermomètre à air est très-probablement beaucoup plus considérable.

» En effet, soit $\varepsilon$ la plus grande différence que présentent les deux instruments entre zéro et 100 degrés; soient $t_0$ et $t_1$ les températures initiale et finale du calorimètre, la correction $\Delta(t_1 - t_0)$ que doit subir la valeur de l'intervalle de température $t_1 - t_0$ sera donnée par l'équation

$$\frac{\Delta(t_1 - t_0)}{t_1 - t_0} = \frac{\varepsilon}{2500}[100 - (t_1 + t_0)].$$

» En supposant $t_0 = 7°,5$, $t_1 = 17°,5$, une différence $\varepsilon$ égale au dixième d'un degré centigrade donnerait une correction de $0°,03$, c'est-à-dire 300 fois plus grande que la quantité que M. Regnault a cru devoir prendre en considération. Or, d'après les anciennes expériences de M. Regnault, $\varepsilon$ serait $= +0°,3$; d'après les mesures plus récentes et plus étendues publiées dans le Mémoire *Sur la Mesure des températures*, on aurait $\varepsilon = -0°,2$ à $-0°,1$. Il en résulterait une incertitude de $0°,5$ sur la valeur de $\varepsilon$, et par

suite une erreur possible de $1\frac{1}{2}$ pour 100 dans la détermination de la quantité de chaleur abandonnée au calorimètre. Comme la perte de chaleur éprouvée par le corps porté dans le calorimètre doit subir une correction pareille, quoique plus faible, on peut évaluer à 2 pour 100 de leur valeur l'incertitude dont restent affectées les chaleurs spécifiques et latentes déterminées jusqu'ici, tant qu'il existera des doutes sur la véritable marche du thermomètre à mercure.

» Comme je m'y attendais, un calcul plus rigoureux fait disparaître entièrement la contradiction qui paraissait exister entre les anciennes observations de M. Regnault faites aux températures depuis zéro jusqu'à 100 degrés, et les observations plus récentes qui ont été publiées dans le Mémoire *Sur la Mesure des températures*, et qui se rapportent aux températures audessus de 100 degrés. En effet, il ressort avec pleine évidence que la différence des résultats obtenus est entièrement due à la nature différente du verre employé dans la confection des thermomètres. Entre zéro et 100 degrés, les thermomètres en verre ordinaire marquent *tous* plus haut que le thermomètre à air. Ce ne sont que les thermomètres en cristal de Choisy-le-Roi qui marquent plus bas. Cette différence est restée cachée à M. Regnault, parce que ses calculs ne permettaient pas une approximation suffisante.

» Mais, tandis que mes calculs démontrent ainsi la possibilité d'une détermination exacte de la marche du thermomètre à mercure entre zéro et 100 degrés, il n'en reste pas moins vrai que, tant que la marche de l'instrument employé n'a pas été déterminée avec soin, l'incertitude des valeurs trouvées pour les chaleurs spécifiques et latentes subsiste. En effet, la discussion des observations de M. Regnault m'a conduit à cette conclusion surprenante que *deux thermomètres qui ont été rigoureusement calibrés, dont les points fixes zéro et* 100 *degrés coïncident exactement, peuvent présenter, entre zéro et* 100 *degrés, des différences de près d'un demi-degré centigrade.*

» M. Regnault a constamment employé, dans ses expériences, des thermomètres en cristal de Choisy-le-Roi. Or ces thermomètres, étant les seuls qui, pour les points de l'échelle situés entre zéro et 100 degrés, marquent plus bas que le thermomètre à air, sont en quelque sorte des instruments exceptionnels, nullement comparables à ceux dont on se sert habituellement, ni à ceux qui sont employés par d'autres physiciens. Il en résulte que les valeurs numériques des constantes qui entrent dans le calcul des machines à vapeur, et qui jouent un rôle si important dans la théorie de la

chaleur, ne sont pas applicables aux circonstances qui se présentent dans la pratique, ni à celles dans lesquelles se placent d'autres expérimentateurs, à moins que ces valeurs n'aient subi une réduction à une unité constante et bien définie, savoir : *le degré centigrade du thermomètre à air.*

» Mais, en dehors de ce défaut de comparabilité que présentent les thermomètres à mercure, la différence de marche bien constatée du thermomètre à mercure avec enveloppe de cristal et du thermomètre à air rend nécessaire une correction de toutes les expériences calorimétriques de M. Regnault. C'est ainsi que, comme je l'ai remarqué dans mon second Mémoire, la quantité de chaleur abandonnée par 1 kilogramme de vapeur d'eau à 100 degrés, lorsqu'il se convertit en eau à zéro, doit être augmentée probablement de 3,5 calories.

» Voici même un exemple dans lequel la correction à appliquer surpasse notablement la valeur de la quantité qu'on a voulu déterminer. A la suite de ses recherches sur les chaleurs latentes de la vapeur d'eau, M. Regnault s'est proposé de mesurer la variation qu'éprouve la chaleur spécifique de l'eau à différentes températures. Dans le tableau des pages 742 et 743 du Mémoire de M. Regnault, les trois premières expériences donnent, pour la chaleur spécifique de l'eau à 107 degrés, en moyenne 1,00384. En supposant que le thermomètre du calorimètre eût la même marche que les thermomètres à déversement employés par M. Regnault dans ses recherches sur la mesure des températures, la correction à appliquer porterait la chaleur spécifique à 1,01071. La variation de la chaleur spécifique de l'eau avec la température serait donc plus de deux fois et demie plus considérable que ne le suppose M. Regnault. L'effet de la différence de marche du thermomètre à mercure et du thermomètre à air, qui rend inégales les valeurs des degrés aux différents points de l'échelle centigrade, est ici évidemment du même ordre que celui de la quantité qu'on veut mesurer.

» Ces exemples suffiront pour démontrer combien il est indispensable, non-seulement de déterminer dans des expériences futures la marche du thermomètre dont on veut se servir, comparée à celle du thermomètre à air, mais aussi de fixer, s'il est possible, la valeur exacte de la correction que doivent subir les données des expériences de M. Regnault pour les rapporter au thermomètre à air. Rien ne prouve, en effet, que les thermomètres employés par M. Regnault dans ses calorimètres aient eu la même marche que les thermomètres à déversement qui ont servi dans les recherches sur la mesure des températures. Tant qu'on ne connait pas d'une manière rigoureuse la marche des thermomètres par lesquels M. Regnault a déterminé

la température de ses calorimètres, tous les nombres obtenus par M. Regnault pour exprimer les chaleurs spécifiques et latentes sont plus ou moins incertains, ce qui, dans l'état actuel de la science, leur fait perdre une grande partie de leur valeur.

» J'ai fait observer dans mon second Mémoire que, pour obtenir les corrections nécessaires, il suffirait de comparer exactement les thermomètres employés par M. Regnault avec le thermomètre à air, à la température de 50 degrés, vu que la dilatation du verre est assez régulière pour permettre de déduire la courbe de la dilatation apparente du mercure entre zéro et 100 dégrés, des ordonnées aux températures zéro, 50 et 100 degrés. C'est donc une expérience bien simple, qui permettra de rendre aux mesures de M. Regnault toute l'exactitude que comportent les recherches d'un expérimentateur aussi consciencieux et aussi habile.

» J'ai cru devoir attirer sur ce point l'attention de l'Académie, qui compte à juste titre les Mémoires de M. Regnault parmi ses plus illustres travaux. »

PHYSIQUE. — *Observations de* **M. Regnault** *sur la Lettre adressée par* M. Bosscha.

« La Lettre de M. Bosscha se rapporte à deux Mémoires que ce savant a publiés dans les *Archives néerlandaises de la Société de Harlem*. Je ne connais pas encore ces Mémoires, de sorte que je ne puis m'occuper que du contenu de sa Lettre.

» Le premier Mémoire s'occupe de la dilatation absolue du mercure. M. Bosscha annonce qu'il a trouvé une formule plus probable pour exprimer la loi de la dilatation du mercure, et qu'en tout cas cette formule exprime beaucoup plus exactement l'ensemble de mes observations que celle que j'avais calculée moi-même.

» Je suis le premier à applaudir à ce résultat, et je désire qu'il en arrive autant pour toutes les formules d'interpolation que j'ai été obligé de calculer.

» Le second Mémoire traite de la comparaison du thermomètre à mercure avec le thermomètre à air. M. Bosscha est amené à discuter ce que j'ai publié sur ce sujet, et il conclut que toutes mes expériences calorimétriques ont besoin de subir une correction importante provenant de ce que je n'ai pas transformé convenablement les indications de mes thermomètres à mercure en températures du thermomètre à air. Sur ce sujet je ne suis nul-

lement d'accord avec M. Bosscha, et je vais prouver qu'il se trompe sur tous les points.

» M. Bosscha discute d'abord mon Mémoire sur la mesure des températures; il dit : « M. Regnault a admis que, entre zéro et 100 degrés, il existe » une légère différence de marche entre le thermomètre à mercure et le ther- » momètre à air. D'après lui les thermomètres à mercure seraient, entre les » limites de température citées, constamment en retard sur les thermomè- » tres à air ». Je n'ai jamais dit cela, car toutes les expériences de ce Mémoire prouvent le contraire. Je n'ai énoncé ce fait que pour les thermomètres construits avec du cristal de Choisy-le-Roi, que j'employais principalement à cette époque. Les thermomètres faits avec *tous les autres verres* dont je me suis servi présentent la divergence en sens contraire. Il est clair que tous les thermomètres à mercure qui montrent au-dessus de 100 degrés des températures moins élevées que le thermomètre à air *doivent être en avance* sur le thermomètre à air entre zéro et 100 degrés. C'est ce qui arrive en effet.

» Les thermomètres en cristal de Choisy-le-Roi présentent avec le thermomètre à air dans les hautes températures de plus grandes différences que les thermomètres fabriqués avec les autres verres, et cependant j'avais donné la préférence à ces thermomètres. Je vais dire pourquoi.

» Si l'on compte comme abscisses les températures du thermomètre à air et qu'on prenne pour ordonnées les différences entre les températures du thermomètre à mercure et celles du thermomètre à air, il arrive ce qui suit :

» Pour le thermomètre de Choisy-le-Roi on obtient une courbe continue, sans inflexion, qui ne coupe la ligne des abscisses qu'aux deux points fixes zéro et 100 degrés; la courbe descend très-peu au-dessous de l'axe des abscisses entre zéro et 100 degrés, le maximum de l'ordonnée dépasse rarement zéro vers 50 degrés; à partir de 100 degrés elle monte au-dessus de la ligne des abscisses, d'abord lentement, puis beaucoup plus rapidement : cette forme de la courbe rendait sa construction graphique plus certaine, elle rendait aussi plus facile la recherche d'une formule d'interpolation ;

« Pour les thermomètres avec les autres espèces de verre, la courbe présente des inflexions; elle coupe l'axe des abscisses en trois points, naturellement à zéro et à 100 degrés, et en un troisième point qui varie depuis 160 jusqu'à 240 degrés; la courbe est au-dessus de l'axe des abscisses entre zéro et 100 degrés; à partir de 100 degrés elle descend au-dessous, pour re-

monter au-dessus, à partir d'une température qui est spéciale pour chaque instrument : la courbe est donc beaucoup plus compliquée.

» Mais une autre raison m'avait décidé à adopter le cristal de Choisy-le-Roi : M. Bontemps, le Directeur de cet Établissement situé à côté de Paris, m'avait promis de me faire tous mes objets de verrerie avec une composition de verre parfaitement identique; j'espérais trouver ainsi une grande facilité pour mes travaux.

» Du reste la cristallerie de Choisy-le-Roi n'existe plus depuis quinze ou dix-huit ans; depuis lors je ne me suis plus servi de ses produits.

» Les tubes employés pour les instruments dont je me sers depuis vingt ans proviennent d'une seule commande que j'ai faite, conjointement avec M. Fastré, à une verrerie de Paris. Après l'essai d'un grand nombre de verres j'avais reconnu que ce verre était très-pur, qu'il présentait de faibles déplacements du zéro, enfin que c'était celui qui, dans les thermomètres à mercure, s'éloignait le moins du thermomètre à air entre zéro et 140 degrés. C'est un verre ordinaire, mais renfermant un peu de plomb, de sorte que sa marche dans les thermomètres à mercure est intermédiaire entre celle du verre ordinaire et celle du cristal. L'écart maximum vers 55 degrés avec le thermomètre à air n'atteint jamais un dixième de degré. C'est avec ce verre que sont confectionnés mes thermomètres.

» Dans mon Mémoire sur la mesure des températures, je ne me suis pas occupé des températures comprises entre zéro et 100 degrés, parce que mon but étant de montrer les différences qui existent dans la marche des thermomètres à mercure, j'ai dû chercher les conditions dans lesquelles ces différences étaient les plus grandes. Ainsi j'ai prouvé, non-seulement que deux thermomètres construits avec des verres différents ne marchaient pas d'accord, bien qu'ils eussent les mêmes points fixes, mais encore que deux thermomètres faits avec la même espèce de verre, bien plus, deux thermomètres fabriqués avec la même tige capillaire, ne marchent pas d'accord dans les températures élevées.

» Les conclusions générales de mon travail, lesquelles sont souvent reproduites dans mes Mémoires, sont :

» 1° Que le thermomètre à mercure n'est pas un instrument que l'on puisse employer pour la mesure des températures dans les expériences précises, parce qu'il manque de la première condition indispensable, la *comparabilité*;

» 2° Qu'il n'est pas possible de faire une table *générale* à l'aide de

laquelle on puisse transformer les indications des thermomètres à mercure, fussent-ils faits avec le même verre, en degrés du thermomètre à air, car cette table ne peut servir que pour le thermomètre à mercure qui a été comparé. Il résulte évidemment de là que chaque thermomètre à mercure employé pour des expériences précises doit être préalablement comparé au thermomètre à air, *et c'est ce que j'ai toujours fait, aussi bien entre zéro et* 100 *degrés que pour les hautes températures.*

» Tout le monde admettra qu'après ces conclusions je n'ai pas eu la naïveté de me servir des tables que j'ai inscrites dans le tome XXVI des *Mémoires de l'Académie*, pour transformer les indications de mes thermomètres à mercure en degrés du thermomètre à air. Ces tables ont été faites pour une étude spéciale, uniquement pour montrer la différence de marche des thermomètres à mercure; elles ne s'appliquent qu'aux thermomètres à poids sur lesquels elles ont été faites.

» Mais, puisque l'occasion s'en présente, je vais indiquer nettement comment j'opère avec mes thermomètres à mercure; les physiciens pourront reconnaître ainsi quel degré de confiance ils peuvent avoir, sous ce rapport, dans mes mesures.

» Je distinguerai trois classes de thermomètres à mercure :

» 1° Les thermomètres étalons, marchant de — 10 jusqu'à + 110 degrés;

» 2° Les thermomètres à mercure pour les hautes températures, marchant de — 10 à + 350 degrés, mais que je n'utilise jamais au-dessus de 300 degrés;

» 3° Les thermomètres très-sensibles pour les calorimètres et qui ne marchent que de zéro à + 30 degrés.

» Tous ces thermomètres sont à échelle arbitraire, mais leurs divisions sont rigoureusement calibrées; enfin, ils sont faits avec la même espèce de verre qui est celle que je viens d'indiquer.

» *Thermomètres étalons.* — J'en fais faire un grand nombre à la fois, dix ou douze, parce qu'ils doivent servir longtemps et qu'il y en aura quelques-uns de rebutés et réservés seulement aux observations qui exigent moins de précision.

» Je commence par essayer ces thermomètres pour la variation du zéro. Pour cela, quelque temps après leur confection, je prends le zéro dans la glace fondante, le point 100 dans l'appareil à ébullition, puis, immédiatement après, de nouveau, le zéro dans la glace. S'il y a une différence notable qui atteint 2 dixièmes de degré entre les deux zéros, je rejette le

thermomètre, c'est-à-dire que j'en fais couper le réservoir et j'en fais souffler un autre. La variabilité du zéro dépend, en effet, très-souvent de la manière dont le réservoir a été soufflé, puis recuit.

» Bref, je fais une première opération de triage au point de vue de la variation du zéro, qui fait souvent mettre de côté la moitié et plus des instruments.

» Les thermomètres qui ont été ainsi reconnus comme subissant le moins de variation dans la position de leur zéro avant et après leur mise dans la vapeur de l'eau bouillante sont seuls conservés pour subir les épreuves d'après lesquelles on les adoptera, ou on les rejettera, comme étalons. L'épreuve consiste à les disposer autour du réservoir d'un thermomètre à air, dans une grande cuve pleine d'eau, maintenue en agitation continuelle et uniforme par une machine. On chauffe l'eau de cette cuve et on la maintient à une température constante avec des becs à gaz que l'on règle à volonté. Les colonnes mercurielles de ces thermomètres sont entièrement plongées dans l'eau de la cuve, on lit leurs divisions à l'aide de lunettes horizontales et à travers une plaque de glace qui forme un côté de la cuve.

» Les points fixes des thermomètres à mercure ont été fixés préalablement. On monte successivement la température de l'eau de la cuve, et on la maintient stationnaire pour les observations aux températures d'environ 25, 50 et 75 degrés, pour lesquelles on inscrit simultanément les températures marquées par les thermomètres à mercure et celles que donne le thermomètre à air. On fait la même série d'observations pendant la période de température descendante du bain.

» On a donc fait ainsi la comparaison des thermomètres à mercure entre eux et leur comparaison avec le thermomètre à air.

» Lorsqu'un grand nombre de ces thermomètres ne présentent entre eux que de très-petits écarts dans leur marche, et cela arrive toujours quand ils sont formés d'un même verre, je les choisis pour mes étalons, sauf à les rebuter plus tard si j'observais des irrégularités dans leur marche. Je donne à chacun un numéro, et je construis la courbe graphique qui représente sa marche par rapport au thermomètre à air. Cette comparaison n'est pas seulement faite une fois : je saisis toutes les occasions, et elles sont fréquentes dans mon laboratoire, pour faire une nouvelle comparaison des étalons avec le thermomètre à air, afin de reconnaître s'il n'est pas survenu de variation.

» Avec le verre que j'emploie depuis longtemps, les thermomètres à mercure diffèrent très-peu du thermomètre à air entre zéro et 100 de-

grés; mais bien rarement la différence s'élève à 2 dixièmes de degré vers le milieu de l'intervalle. En tous cas, les thermomètres étalons sont toujours corrigés de la différence que j'ai reconnue par rapport au thermomètre à air. Il ne reste d'incertitude que sur l'évaluation exacte de la température du thermomètre à air, laquelle n'est pas non plus susceptible d'une précision absolue. On fait toujours un assez grand nombre d'observations aux environs d'une même température, afin de pouvoir prendre une moyenne.

» *Thermomètres pour les calorimètres.* — La graduation des thermomètres pour les calorimètres est faite par la comparaison de leur marche avec les thermomètres étalons. On ne peut en effet prendre qu'un seul point fixe sur ces instruments, celui de la glace fondante; car leur marche ne dépasse pas 30 degrés. Comme les étalons sont corrigés par rapport au thermomètre à air, il est clair que les thermomètres pour les calorimètres le sont également.

» Dans des expériences spéciales, les thermomètres pour les calorimètres ne doivent varier qu'entre des limites assez restreintes de température, je suppose de 10 à 15 degrés. Je prends le zéro du thermomètre dans la glace fondante, puis je suis sa marche avec l'étalon entre zéro et 30 degrés, et tout spécialement entre les températures zéro et 15 degrés où le calorimètre restera dans ces expériences. Je calcule la valeur du degré centigrade en divisions du thermomètre qui donne la concordance la plus parfaite entre les températures de ce thermomètre et celui corrigé de l'étalon dans les limites de température entre lesquelles le calorimètre doit rester.

» La grande cuve à eau servant à la comparaison des thermomètres est toujours en service. Chaque jour, à la fin des expériences, on y place les thermomètres du calorimètre à côté de l'étalon qui y reste toujours. La cuve renferme de l'eau dont la température diffère peu de la température de l'eau des calorimètres. Ainsi on a, chaque jour, une comparaison des thermomètres avec l'étalon.

» Le rôle principal de ces thermomètres est de donner la variation de température $\Delta\theta$ que le calorimètre a subies pendant l'expérience. Ces instruments doivent donc être aussi sensibles que possible. Comme mes thermomètres sont à échelle arbitraire, les $\Delta\theta$ sont calculés par logarithmes. J'inscris la quatrième et ordinairement même la cinquième décimale. Cela ne veut pas dire que la température absolue marquée par l'instrument est exacte à un dix-millième ou à un cent-millième de degré centigrade. Je pense que bien rarement, et peut-être jamais, on ne peut compter sur un centième. Mais les différences $\Delta\theta$ peuvent atteindre une précision beaucoup

plus grande; de plus, ces valeurs telles qu'elles sont inscrites dans mes tableaux, ont déjà subi les corrections pour les causes perturbatrices, et comme ces dernières s'obtiennent par des additions successives de très-petites quantités, relevées sur une courbe graphique, ou calculées par une formule d'interpolation, il faut pousser la fraction décimale très-loin pour que la somme ne soit pas affectée d'une erreur notable, et que sa valeur ne reste pas un peu trop à la disposition de l'opérateur, ce qui est toujours dangereux.

» *Thermomètres pour les hautes températures.* — Lorsque les thermomètres à mercure doivent être employés dans mes expériences pour les hautes températures, je les place immédiatement dans la cuve pleine d'huile qui doit servir pour mes recherches, et je les assujettis dans une position qui restera toujours invariable dans les expériences pour lesquelles je les prépare. Une portion, plus ou moins notable, de la colonne mercurielle est ainsi hors du bain. Au milieu du bain, j'installe le réservoir d'un thermomètre à air, à la hauteur où se trouvent les réservoirs des thermomètres à mercure. De plus, un agitateur mélange constamment les couches liquides du bain, dont on maintient la température stationnaire aussi exactement que possible pour chaque détermination. Je fais donc la comparaison de mes thermomètres à mercure avec le thermomètre à air dans les conditions mêmes où ils fonctionneront dans les expériences. Je corrige à la fois l'écart par rapport au thermomètre à air, et l'erreur provenant de ce qu'une portion de la colonne mercurielle n'est pas plongée dans la cuve. Sur ces observations, je construis une courbe graphique. Dans les tableaux de mes expériences, je n'inscris jamais que les températures du thermomètre à air, et ces températures sont relevées sur la courbe graphique d'après les indications rélevées sur les thermomètres à mercure.

» Selon moi, cette manière de procéder *est la seule* qui puisse donner des résultats précis, excepté quand on peut employer directement le thermomètre à air. Je n'en ai jamais employé d'autre, car on en trouvera la description (t. XXXI, p. 63) dans mon travail sur la chaleur spécifique des gaz, qui est le premier où je n'employais pas immédiatement le thermomètre à air.

» En résumé, le thermomètre à mercure n'est jamais pour moi qu'un *thermoscope*. Ses indications sont toujours transformées en degrés du thermomètre à air, aussi bien aux températures ordinaires qu'aux températures élevées. Cette transformation ne se fait d'après aucune formule théorique, mais d'après une construction graphique ou une formule d'in-

terpolation qui la remplace, et dont les éléments sont toujours obtenus par des expériences faites sur chaque thermomètre à mercure. Chacun de mes thermomètres à mercure est ainsi muni d'une construction graphique, sur laquelle on reporte toutes les comparaisons que l'on a occasion de faire entre ce thermomètre et le thermomètre à air. J'ai donc en ma possession plus d'une centaine de tableaux de ce genre; quelques-uns des thermomètres sont en service depuis trente ans, et leur comparaison avec le thermomètre à air a été faite bien des fois. J'ai donc pu, avec connaissance de cause, choisir la méthode qui est la plus sûre avec nos moyens actuels de travail, et je puis certifier que *mes résultats ne peuvent subir aucune correction sous ce rapport.* »

PHYSIQUE. — *Sur les maxima de force des électro-aimants.* Deuxième Note de **M. Th. du Moncel.**

« La loi de l'égalité de la résistance des électro-aimants au reste du circuit dans lequel ils sont interposés suppose que la force magnétique croît comme les carrés de l'intensité du courant; mais, d'après les expériences de MM. Joule, Müller, Robinson et autres, cette proportionnalité de l'accroissement de la force magnétique ne serait vraie que *dans le voisinage du point de saturation magnétique de l'électro-aimant;* et par ces mots *point de saturation magnétique* il faudrait entendre ici le point de force magnétique qu'il conserverait s'il était un aimant persistant. Suivant ces savants, l'accroissement de la force magnétique au-dessous de ce point pourrait varier comme le cube et même comme la quatrième puissance de l'intensité électrique, et au-dessus il diminuerait progressivement jusqu'à devenir *nul* ou du moins insignifiant.

» En télégraphie électrique, où l'on fait usage de très-petits noyaux de fer pour constituer les électro-aimants, leur point de saturation magnétique, dans l'acception que nous venons de donner du mot *saturation,* peut toujours être à peu près atteint avec les courants dont on dispose, ou, du moins, s'il n'est pas atteint, la plus grande rapidité d'accroissement des forces électro-magnétiques par rapport à l'accroissement des carrés des intensités du courant est peu considérable. On peut en juger par les chiffres suivants, qui résultent d'expériences faites avec une pile de vingt éléments de Daniell en service depuis longtemps (*)

(*) Les résistances du circuit extérieur, dans ces expériences, sont représentées par des bobines isolées.

» 1° Électro-aimant de 75 kilomètres de résistance :

| | gr |
|---|---|
| Le circuit extérieur ayant 0 kilomètre, la force a été........ | 80,0 |
| Le circuit ayant 100 kilomètres........................ | 15,0 |
| Le circuit ayant 200 kilomètres........................ | 5,0 |
| Le circuit ayant 370 kilomètres........................ | 0,0 |

» 2° Électro-aimant de 200 kilomètres de résistance (*) :

| | gr |
|---|---|
| Le circuit ayant 0 kilomètre........................... | 58,0 |
| Le circuit ayant 100 kilomètres........................ | 25,0 |
| Le circutt ayant 200 kilomètres........................ | 14,0 |
| Le circuit ayant 370 kilomètres........................ | 6,0 |

» Toutefois, comme en télégraphie les appareils fonctionnent sous l'influence de courants presque instantanés, il arrive que les électro-aimants de ces appareils sont loin de recevoir, de la part du courant qui les anime, leur effet maximum. Dès lors, ils se trouvent ramenés, par le fait, aux conditions des électro-aimants dont la force n'atteint pas le voisinage du point de saturation, et il devient important de savoir si, dans ce cas et dans celui où le point de saturation magnétique se trouve dépassé, la loi qui préside à l'enroulement des hélices magnétisantes est encore applicable. Or le calcul démontre qu'il n'en est pas ainsi.

» Supposons d'abord que, le point de saturation magnétique étant loin d'être atteint, la force électromagnétique croisse comme les *cubes* de l'intensité du courant : cette force sera représentée par

$$\frac{E^3 t}{(R+t)^3} \quad \text{ou} \quad \frac{E^3}{R^2 \dfrac{(q+1)^3}{q}}.$$

» Or le maximum de cette expression, au lieu de correspondre à l'égalité des deux résistances R et $t$, est obtenu quand la résistance $t$ est égale *à la moitié* de la résistance R. Il en résulte que l'augmentation de valeur du

(*) Si l'on calcule les carrés des intensités du courant dans cette deuxième série d'expériences, qui est la seule qui offre des résultats comparables en raison des moindres écarts des effets produits, on trouve les chiffres suivants :

$$\frac{I^2}{I'^2} = 2,13 \quad \frac{F}{F'} = 2,3 \;\Big|\; \frac{I^2}{I''^2} = 3,65 \quad \frac{F}{F''} = 4 \;\Big|\; \frac{I^2}{I'''^2} = 7,19 \quad \frac{F'''}{F} = 9,6.$$

Or on voit que les rapports des forces sont toujours un peu plus grands que ceux des carrés des intensités.

dénominateur de la formule commence au moment où $t = \frac{R}{2}$, pour continuer ensuite successivement, soit qu'on diminue la valeur de cette dernière quantité, soit qu'on l'augmente.

» On peut se rendre compte de ce maximum en attribuant, comme nous l'avons fait, à $q$ des valeurs différentes et en cherchant l'expression algébrique de la formule, dans ces différents cas.

» Si l'on suppose $q = 1$, la formule devient $8R^2$, alors $R = t$.

» En supposant $q > 1$ ou $t > R$, elle devient

$$R^2 \left(4 + \frac{(q-1)^2}{q} + (q+1)^2\right),$$

et alors le maximum a toujours lieu avec $R = t$.

» En supposant $q = \frac{1}{q}$, c'est-à-dire $t < R$, elle devient

$$R^2 \frac{(q+1)^3}{q^2}.$$

» Or nous voyons ici que $q = 1$ ne satisfait pas aux conditions de minimum, car, en prenant la dérivée de cette expression, on a

$$1 - \frac{3}{q^2} - \frac{2}{q^3},$$

et pour que cette expression devienne zéro, il faut que, dans l'équation

$$q^3 - 3q - 2 = 0, \quad \text{ou} \quad (q+1)^2(q-2) = 0,$$

la quantité $q$ soit égale à 2.

» Ce maximum pourrait se démontrer sans le secours du calcul différentiel, mais comme cette méthode est très-compliquée et ne satisfait pas plus l'esprit que la démonstration précédente, nous nous bornerons à celle-là (*).

» Nous devons maintenant faire observer que la loi de la proportionnalité

---

(*) A ce sujet, je ferai remarquer que, dans les expressions qui se présentent sous la forme de fractions, les démonstrations des maxima et des minima par le calcul différentiel sont toujours plus simples et plus parlantes à l'esprit, quand, au lieu de chercher les dérivées des expressions entières, on fait passer préalablement dans l'un des deux membres toutes les variables indépendantes. En procédant ainsi pour les valeurs

$$1^\circ \ \frac{E^2 t}{(R+t)^2}, \quad 2^\circ \ \frac{nE}{aR + b^2}, \quad 3^\circ \ \frac{lap}{l^2 + ap},$$

qui représentent les valeurs dont j'ai eu à déterminer les maxima dans mes deux der-

de la force des électro-aimants aux *cubes* des intensités de courants, sur laquelle nous avons basé les calculs qui précèdent est évidemment exagérée et dépend de tant de conditions, qu'il est impossible de prendre au pied de la lettre les conditions de résistance auxquelles elles conduisent et qui auraient pour résultat de réduire à 84 *kilomètres la résistance maxima des électro-aimants télégraphiques*. Toutefois, ces calculs montrent que la faiblesse de l'action magnétique dans ces électro-aimants doit avoir pour résultat *d'en réduire encore la résistance dans des proportions assez considérables*, et c'est à cette action évidemment qu'il faut attribuer la valeur si minime que M. Hughes a trouvée pour la résistance maxima des électro-aimants de son télégraphe, laquelle est, comme on l'a vu, 120 kilomètres pour un circuit de 500 kilomètres. D'après cette donnée expérimentale, on pourrait admettre que *la résistance maximum des électro-aimants télégraphiques devrait être* 130 *kilomètres*.

» Examinons maintenant le cas où le point de saturation maxima des électro-aimants est dépassé, et où, par conséquent, la force croît à peu près comme l'intensité du courant; la formule devient alors

$$F = \frac{E}{R\left(1 + \frac{1}{q}\right)},$$

et l'on voit que plus la valeur assignée à $q$ sera grande, c'est-à-dire plus $t$ sera grand par rapport à R, plus la force électromagnétique sera énergique. Il n'y aura donc plus de maxima. »

---

nières Communications, les dérivées deviennent

$$1^\circ \left(1 - \frac{R^2}{t^2}\right), \quad 2^\circ \left(R - \frac{nr}{a^2}\right), \quad 3^\circ \left(1 - \frac{ap}{l^2}\right).$$

Dès lors, on peut dire que, pour que ces expressions deviennent zéro, c'est-à-dire pour le *minimum des dénominateurs* ou le *maximum des fractions*, il faut : 1° et 3°, que $\frac{R^2}{t^2}$ et $\frac{ap}{l^2}$ soient égaux à 1, alors on a $t = R$ et $l = \sqrt{ap}$; 2° que $\frac{nr}{a^2} = R$, mais comme $n = al$, on a par le fait $br = aR$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Méthode physique propre à déterminer les groupements moléculaires qui sont décomposés par le courant.* Note de **M. E. Bourgoin**, présentée par M. Bussy.

« Cette méthode repose sur le principe suivant, que j'ai démontré expérimentalement, et qui découle également des belles recherches de M. Favre : l'eau n'est pas décomposée par le courant.

» Si l'eau n'est qu'un milieu mobile au sein duquel s'effectue la réaction, et si le corps qu'elle tient en dissolution subit seul la décomposition, on conçoit qu'en précisant cette dernière il soit possible de déterminer le groupement moléculaire qui a été détruit par le courant.

» Pour arriver à ce résultat, il convient d'opérer dans deux compartiments égaux communiquant entre eux par une ouverture suffisante pour laisser passer le courant, mais assez petite cependant pour empêcher le mélange des deux liquides. On recueille le gaz qui se dégage à l'un ou à l'autre pôle; on note la température et la pression à la fin de l'expérience, on isole les deux compartiments et l'on soumet séparément à l'analyse les liquides qu'ils contiennent. On a ainsi toutes les données nécessaires pour résoudre le problème. Voici quelques-uns des résultats obtenus.

» I. *Acide sulfurique.* — Lorsqu'on acidule de l'eau avec de l'acide sulfurique, l'acide se concentre au pôle positif, et la décomposition porte exclusivement sur le groupement $SO^3\,3HO$ (1) :

$$SO^3\,3HO = \underbrace{(SO^3 + O^3)}_{\text{Pôle positif.}} + \underbrace{H^3}_{\text{Pôle négatif.}},$$

puis au pôle positif,

$$(SO^3 + O^3) + 3HO = SO^3\,3HO + O^3.$$

On peut recueillir ici indifféremment l'oxygène ou l'hydrogène.

» Les expériences ont été faites avec des acides compris entre

$$SHO^4 + 4\,Aq \quad \text{et} \quad SOH^4 + 250\,Aq.$$

Dans tous les cas, l'équation précédente a été obtenue avec une rigueur absolue. Ce résultat inattendu donne lieu à quelques considérations importantes.

» On admet trois acides sulfuriques, $SO^3HO$, $SO^3\,2HO$, $SO^3\,3HO$; mais,

---

(1) $S = 16$, $O = 8$, $H = 1$.

tandis que les deux premiers ont été obtenus à l'état cristallisé, l'existence du dernier, déduite plutôt que prouvée, ne repose jusqu'ici que sur un phénomène de contraction. L'expérience que je viens de décrire non-seulement légitime son existence, mais tend à démontrer que c'est le seul groupement moléculaire qui puisse subsister au sein d'une solution aqueuse.

» II. *Acide azotique.* — Comme dans le cas précédent, l'acide se concentre au pôle positif; au pôle négatif il se dégage de l'hydrogène, mais seulement au début; on voit ensuite apparaître successivement des vapeurs nitreuses, du deutoxyde d'azote, du protoxyde, de l'azote, enfin de l'ammoniaque. Ces réactions secondaires, dues à l'action réductrice de l'hydrogène, ne portent que sur le compartiment négatif; aussi, en tenant compte de la concentration de l'acide au pôle positif et en recueillant l'oxygène, on trouve que le groupement moléculaire qui subit l'action du courant est $AzO^5\,2H^2O^2$.

» III. *Sulfate de potasse.* — Une solution de sulfate de potasse se décompose d'après l'équation suivante :

$$SO^3KO = \underbrace{(SO^3 + O)}_{\text{Pôle positif.}} + \underbrace{K.}_{\text{Pôle négatif.}}$$

» Il se présente ici une complication spéciale. Au début, le sulfate seul est décomposé; bientôt, par suite de cette décomposition même, la chaîne électrolytique s'établit en partie aux dépens de l'acide et de l'alcali mis en liberté. Seulement, cette action secondaire, qui est d'autant plus faible que l'on se rapproche davantage du début de l'expérience, devient négligeable si l'on se borne à recueillir une petite quantité de gaz, comme on peut le voir ci-après :

| | | |
|---|---|---|
| Solution concentrée de sulfate de potasse : | Compartiment P.. | $29^{cc},9$ |
| | » N.. | $29^{cc},9$ |
| Gaz oxygène | | $16^{cc},9$ |
| Température | | $19^{o},5$ |
| Pression corrigée | | 0,757 |

» 0,494 ($SO^3HO$) ayant exigé pour la saturation 388,5 divisions de baryte, le liquide du compartiment P a exigé 105 divisions, d'où l'on déduit :

» Pour le poids de l'oxygène recueilli,

$$0,0014298 \times 16,9 \frac{1}{1 \times 0,00367 \times 19,5} \frac{0,757 - 0,0166}{0,76} = 0,0219;$$

» Pour le $\frac{1}{4}$ de l'oxygène contenu dans l'acide mis en liberté, et par suite dans le sulfate de potasse décomposé,

$$\frac{0,494 \times 105 \times 8}{388,5 \times 49} = 0,0218.$$

» Remarquons, en passant, que le gaz obtenu provient exclusivement du sel : cette expérience démontre donc bien que l'eau n'a pris aucune part à la réaction.

» IV. *Sulfate de soude.* — Il était intéressant de soumettre à une étude analogue le sulfate de soude : à quel état ce sel existe-t-il en solution? On admet généralement, d'après Lœwel, que la solution sursaturée renferme un hydrate à 7 équivalents d'eau; mais cette interprétation a été récemment combattue par M. Lecoq de Boisbaudran.

» L'expérience m'a démontré que le sulfate de soude, même en solution sursaturée, se comporte exactement comme le sulfate de potasse, de telle sorte que, si j'osais tirer une conséquence de ce fait, je dirais que les hydrates du sulfate de soude ne prennent naissance qu'au moment même de la cristallisation.

» La méthode que je viens d'exposer est générale. Indépendamment des résultats qu'elle fournit, on voit tout le parti que l'on peut en tirer pour déterminer la nature des corps dissous, car le courant ne peut décomposer que les groupements moléculaires qui préexistent au sein de la solution.

» Ces recherches ont été faites au laboratoire de M. Berthelot, à l'École de Pharmacie de Paris. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la cause qui fait vieillir les vins.* Seconde Note de **M. A. Béchamp.** (Extrait.)

« Sous ce même titre, j'ai déjà eu l'honneur d'adresser à l'Académie une Note (1) qui contient les conclusions suivantes :

» 1° La cause qui fait vieillir les vins est une fermentation provoquée par des organismes qui succèdent au ferment alcoolique proprement dit ;

» 2° Un vin peut contenir des productions organisées et ne pas tourner, ne pas se gâter ;

» 3° Quelque paradoxal que cela paraisse, un vin vieillit et s'améliore par une influence analogue à celle qui peut le gâter.

» Ce qui peut être résumé dans la proposition suivante :

(1) *Comptes rendus*, t. LXI, p. 408; 1865.

» *Le vieillissement des vins et leurs altérations sont le résultat d'actes physiologiques du même ordre.*

» Ces conclusions ont été qualifiées de téméraires par M. Pasteur (1). On pourrait, à ce propos, démontrer par le raisonnement que les choses doivent se passer comme je le disais. Mais mieux vaut répéter l'expérience.

» J'ai plusieurs fois communiqué à l'Académie des recherches sur la fonction des microzymas; je lui demande la permission de rappeler ce que j'ai dit sur ce sujet, dans la Note concernant les organismes microscopiques de la craie (2) : « Je crois bien qu'une foule de molécules, que l'on considère comme minérales et animées du mouvement Brownien, ne sont » autre chose que des microzymas; tels sont les dépôts des vins vieux, » dont j'ai déjà entretenu l'Académie, et le dépôt jadis signalé par Cagniard-Latour dans le Tavel, et que, après réflexion, il avait considéré » comme matière inerte. »

» Tous les dépôts des bons vins, dans lesquels je voyais des granulations moléculaires ou d'autres formes qui me semblaient organisées, aussi bien que les dépôts des vins tournés, étaient pour moi des ferments organisés, actuellement vivants et du même ordre, fonctionnant d'une manière analogue, capables de se nourrir des mêmes substances, en produisant des composés de semblable nature. J'ai, depuis 1865, consacré un grand nombre d'expériences à la démonstration de ma manière de voir. Je ne rapporterai, en ce moment, qu'un seul genre de preuves : il est fondé sur les deux faits suivants :

» 1° La créosote s'oppose à l'évolution, dans l'eau sucrée, de tout organisme capable de saccharifier le sucre de canne, c'est-à-dire d'en opérer l'inversion;

» 2° Cette substance n'empêche pas certaines moisissures d'opérer la transformation du sucre de canne en sucre interverti, et, s'il y a lieu, la fermentation ultérieure des glucoses formés.

» Cela posé, je me suis procuré des dépôts de vins ne contenant que des granulations moléculaires, c'est-à-dire des microzymas; des dépôts mixtes, contenant ces mêmes microzymas et d'autres formes; des dépôts de vins tournés divers. Les dépôts qui se forment dans les vins Rancio du Roussillon, dans le vin de Tavel, sont généralement formés exclusivement de microzymas. Dans les vins moins vieux et très-bons, on peut, comme je l'ai

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 580.

(2) *Comptes rendus*, t. LXIII, p. 451; 1866.

dit, trouver avec les microzymas, qui ne manquent presque jamais, beaucoup d'autres formes et même des bactéries. Dans les vins tournés, on peut rencontrer les mêmes formes que celles que M. Pasteur a décrites.

» Or, tous ces dépôts, bien lavés à l'eau créosotée, jusqu'à ce que l'eau de lavage soit totalement dépourvue d'acidité, étant introduits dans l'eau sucrée, même en quantité très-minime, en présence de la créosote, en opèrent plus ou moins la transformation en glucose, ce que l'on peut constater par la réduction du réactif cupropotassique et par la rotation du plan de polarisation, qui passe insensiblement de droite à gauche, et cela à la température ordinaire. Je n'ai, jusqu'ici, trouvé aucune exception (1).

» Les dépôts de vins se comportent donc, avec le sucre de canne, comme les moisissures que j'ai étudiées dans un autre travail (2). Ces dépôts, qui sont insolubles, contiennent donc des organismes, capables de sécréter la zymase qui intervertit le sucre de canne.

» Je donnerai, dans un travail d'ensemble, d'autres preuves : je montrerai notamment que tous ces dépôts sont des ferments capables de produire de l'alcool et de l'acide acétique avec le sucre de canne.

» Enfin, une température comprise entre 55 et 65 degrés ne les empêche pas d'agir sur le sucre de canne et de l'intervertir, c'est-à-dire ne détruit pas leur vitalité, ne les tue pas.

» Ceci me paraît suffire à la démonstration que j'avais en vue. J'ajouterai seulement que les microzymas des vins normaux sont des ferments lents, lorsqu'on les fait agir sur le sucre de canne sans aucun auxiliaire; mais si on leur donne en même temps un aliment plastique, ainsi que cela arrive pour la mère de vinaigre (3), ils peuvent produire un ferment alcoolique énergique.

» M. Pasteur a nié que les dépôts des vins sains continssent des ferments figurés vivants; pour ce savant, les ferments qui font tourner le vin sont seuls doués de vie. J'ai dit, au contraire, que les uns et les autres sont vivants et capables d'agir physiologiquement, c'est-à-dire de produire les actes chimiques connus sous le nom de *fermentation*.

---

(1) J'ai craint qu'une trace de crème de tartre restant mêlée aux ferments ne fût cause de l'inversion. En effet, une solution concentrée de crème de tartre intervertit le sucre de canne, mais, toutes choses égales d'ailleurs, avec bien plus de lenteur que les ferments même absolument lavés.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LIV, p. 28; 1858.

(3) *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 877; 1865.

» Je suis convaincu que ce sont là les causes qui font vieillir les vins et occasionnent si rapidement certaines transformations, lorsqu'on y applique un degré de chaleur ne devant pas dépasser celui qui permet à ces êtres de vivre, mais qui exagère leur fonction ou la dirige dans un sens déterminé.

» Je crois que tout le secret de l'art de faire vieillir les vins et de les empêcher de se gâter consiste à favoriser la production des organismes bienfaisants. L'application d'un certain degré de chaleur, d'après les recherches de M. de Vergnette-Lamotte et de M. Pasteur, paraît être un des moyens à conseiller; l'autre, ainsi que cela résulte de recherches spéciales, consisterait à opérer, par la fermentation, la destruction la plus complète du sucre, les vins qui tournent étant surtout ceux qui peuvent fournir cette substance comme aliment aux ferments. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur la température comparée de la tige et du renflement moteur de la sensitive.* Note de **M. P. Bert**, présentée par M. Duchartre.

« A la base du pétiole de chaque feuille de sensitive se trouve, comme on sait, un renflement qui est le centre des mouvements spontanés (veille, sommeil) de la feuille, et des mouvements provoqués auxquels la plante doit son nom. C'est aux modifications qui se passent dans l'intérieur de ce renflement que sont dues les diverses positions que prend la feuille entière. On ne saurait donc attacher trop d'importance à l'étude des faits anatomiques ou physiologiques qui ont rapport à ce lieu spécial.

» Les recherches que je poursuis depuis longtemps (voir *Comptes rendus*, t. LXV, p. 177) sur les mouvements de la sensitive, recherches dont j'aurai l'honneur de présenter bientôt quelques nouveaux résultats à l'Académie, m'ont amené récemment à constater un fait qui m'a semblé mériter dès aujourd'hui une mention particulière.

» Si l'on place au contact du renflement moteur la soudure d'un des éléments thermo-électriques si sensibles que construit M. Ruhmkorff, et qu'on applique l'autre soudure sur un point voisin de la tige, on constate que l'aiguille d'un galvanomètre à gros fil avec lequel communiquent les éléments dévie progressivement, et assez rapidement pour prendre, après quelques minutes, une position d'équilibre.

» Cette déviation est persistante, et se manifeste même à travers une substance isolante, comme une feuille de papier végétal; elle indique donc, dans le renflement, une température différente de celle que présente la

tige à quelques millimètre de là; et, en examinant le sens dans lequel s'est déplacée l'aiguille, on voit que le renflement est plus froid que la tige. Dans une expérience que je cite à titre d'exemple, la tige ayant sensiblement la même température que l'air, la déviation *froid* au profit du renflement fut de 22 degrés. C'est là, du reste, la plus grande déviation que j'aie observée; la plus petite a été de 6 degrés.

» La déviation est d'autant plus considérable que la feuille est plus vigoureuse, plus sensible; les très-jeunes feuilles, et surtout les vieilles, n'influencent que peu l'aiguille.

» Si l'on tranche le pétiole en son milieu, la déviation persiste encore pendant des heures entières, tout en diminuant lentement jusqu'à disparaître enfin. La cause réside donc dans le renflement lui-même, et non dans quelque courant froid qui descendrait des folioles.

» Il est bon de noter que le renflement moteur ne possède point de stomates, et que, par suite, l'évaporation y est probablement très-faible. Je fais observer, à ce propos, que, pour obtenir le contact entre la soudure et l'épiderme du renflement défendu par des poils, il est nécessaire de couper de très-près ceux-ci; on doit, bien entendu, ne procéder à l'expérience que quelques jours après.

» Les faits que je viens de rapporter prouvent donc qu'il s'opère, dans le renflement moteur de la sensitive, des modifications dont le résultat est une consommation de chaleur, consommation qui doit être assez notable, si l'on considère que le petit volume de cette région l'expose à un rapide rétablissement d'équilibre. Malheureusement, un accident m'a empêché de graduer mon galvanomètre, et je ne puis donner la mesure de la différence de température entre le renflement et la tige. La saison trop avancée ne me permettrait pas de recommencer mes expériences; au reste, la mesure exacte du phénomène me semble bien moins importante que sa constatation.

» La déviation n'a certainement pas la même valeur aux différentes heures du jour; mais la susceptibilité extraordinaire des feuilles de sensitive, que le contact seul de la soudure pendant quelques heures suffit pour rendre malades, est cause que je ne puis dire à quel moment la déviation est à son maximum. Comme le phénomène dont je parle doit être général et se rencontrer chez toutes les plantes sommeillantes, je ne manquerai pas, l'année prochaine, de soumettre à l'expérience des végétaux moins délicats.

» Cette consommation de chaleur, dans un point aussi remarquable, est certainement en rapport avec les phénomènes nutritifs, qui paraissent s'y passer avec une grande énergie, et dont le résultat est la tension plus ou

moins considérable du tissu cellulaire, tension de laquelle dépend la position de la feuille. J'aurai l'honneur de soumettre bientôt à l'Académie des expériences desquelles il paraît résulter que ces phénomènes consistent dans la production, sous l'influence de la lumière (région rouge-jaune-verte du spectre), d'une substance avide d'eau, et la destruction de cette substance pendant l'obscurité (et sous l'influence des rayons bleus et violets). Ces phénomènes chimiques seraient donc de l'ordre de ceux qui consomment de la chaleur; je crois que c'est la première fois qu'on en constate l'existence dans un organisme vivant.

» Le mouvement provoqué présente, au point de vue qui m'occupe en ce moment, un résultat remarquable. Lorsque l'aiguille du galvanomètre s'est arrêtée depuis quelque temps dans une position fixe, vient-on à exciter les folioles de la feuille en expérience et à faire, par suite, abaisser celle-ci, on voit, au bout de quelques secondes, l'aiguille revenir lentement sur elle-même, indiquant une légère augmentation dans la température du renflement. Cette seconde déviation persiste pendant un temps plus ou moins long, après quoi l'aiguille retourne à son point de départ; elle a varié, dans mes expériences, de 2 à 4 degrés du galvanomètre, sans avoir jamais eu pour conséquence d'amener l'aiguille de l'autre côté du zéro. Toujours, malgré cette légère production de chaleur, le renflement est demeuré plus froid que la tige.

» J'ai constaté cette déviation avec des feuilles dont j'avais, quelques heures auparavant, enlevé les folioles; je l'ai retrouvée avec des feuilles dont le plan de mouvement était horizontal; il est donc impossible d'expliquer cette production de chaleur, si minime qu'on la suppose en thermométrie, par le fait physique de la chute même de la feuille.

» Il me semble donc établi, en résumé : 1° qu'il s'opère, dans le renflement moteur de la sensitive, des modifications chimiques dont le résultat est une consommation de chaleur; 2° que le mouvement provoqué de la feuille est, au contraire, accompagné de phénomènes qui produisent de la chaleur. Dans tous les cas, le renflement moteur est toujours plus froid que la tige, dont la température est à peu près celle de l'atmosphère ambiante. »

HYGIÈNE PUBLIQUE. — *Influence qu'exerce la tension du cou sur la production du goître.* Note de **M. Hahn.** (Extrait.)

« ... A Luzarches, presque toutes les femmes d'ouvriers étaient autrefois affectées de goîtres. Aujourd'hui, les jeunes filles ni les femmes n'ont plus

de goître. Les eaux contiennent du sulfate de chaux en assez grande quantité; elles sont incrustantes; elles marquent à l'hydrotimètre, savoir : la fontaine la plus fréquentée, 34 degrés, les autres 40 et même 72 degrés. Mais les eaux sont toujours les mêmes et cependant le goître ne semble plus qu'héréditaire dans quelques familles; il a disparu dans les hameaux et dans les communes voisines, où les eaux sont plus ou moins salubres. Je pense que ces résultats proviennent, en grande partie, de ce que les femmes ne font plus de dentelle : au siècle dernier, des ouvrières par centaines s'occupaient à ce travail, et, dès l'âge de quatre à cinq ans, lorsqu'un enfant pouvait faire agir ses doigts, on lui donnait un petit métier et on l'exerçait à faire mouvoir ses fuseaux et à faire le point. Alors, par suite de la tension du cou, pour suivre le dessin avec des épingles, l'infirmité du *gros cou* se déclarait dès l'enfance et les générations se suivaient avec cette infirmité. Maintenant on ne travaille plus à la dentelle : on fait de la couture, de la broderie, des boutons, des gants, etc., et on remarque que le goître n'apparaît plus que rarement : on peut compter par unité ce que l'on comptait par centaine. Ce résultat ne vient-il pas confirmer l'opinion que l'habitude de tenir le cou en avant peut être une des causes du goître? Enfin, dernière remarque, les hommes étaient, et sont encore, peu atteints de cette infirmité. »

« M. **Regnault** présente à l'Académie, de la part de *M. Govi*, professeur à l'Université de Turin, un Mémoire en italien, imprimé en 1868, sur un bolide incandescent qu'il a eu occasion d'observer le 26 mars 1868. M. Govi fait remarquer que, dans ce Mémoire, il attribue déjà l'incandescence des bolides, non pas à un frottement contre l'air, mais à la chaleur dégagée par la compression.

» M. Regnault ne pouvait pas citer ce fait, parce qu'il ne connaissait pas le Mémoire de M. Govi. De plus, il fait remarquer que c'est par des expériences faites en 1854 qu'il a prouvé que l'air, même dans un mouvement extrêmement rapide, ne produit pas de chaleur sensible par frottement. Il a décrit ces expériences, à plusieurs reprises, dans son Cours au Collége de France, ainsi que les conséquences qu'il en a déduites pour la chaleur gagnée par les projectiles et par les bolides dans leur trajet à travers l'atmosphère. »

ZOOLOGIE. — « M. **Aug. Duméril** présente à l'Académie, de la part de *M. Fr. Steindachner*, Directeur du Musée impérial de Vienne, un travail,

imprimé en allemand et accompagné de deux planches, avec ce titre : « *Polypterus Lapradei*, nov. spec., und *Polypterus Senegalus* ».

» La Note tire un intérêt particulier de la découverte faite par l'auteur, pendant un voyage récent au Sénégal, de la présence de branchies extérieures chez de jeunes sujets des deux espèces de poissons ganoïdes ci-dessus désignés.

» Dans l'espèce nouvelle (*P. Lapradei*), elles se trouvent encore chez les individus longs de 19 pouces de Vienne environ. Elles consistent en une longue bande aplatie, frangée sur les bords, très-analogue aux branchies externes des Batraciens urodèles dits *Axolotls*, mais il n'y en a pas trois : elle est unique de chaque côté, située derrière l'opercule, et elle dépasse le bord postérieur de la nageoire pectorale.

» Dans le *P. Senegalus*, cet organe transitoire disparaît plus promptement. On ne le trouve plus chez des exemplaires de 3 $\frac{1}{2}$ pouces à 4 pouces de Vienne.

» Le Polyptère du Nil (le Bichir), découvert par Ét. Geoffroy-Saint-Hilaire, possède-t-il un semblable appareil accessoire et d'une durée limitée ? On l'ignore, les jeunes de cette espèce n'étant point connus. C'est une lacune regrettable dans les collections du Muséum comme dans celles des autres musées.

» Les squales, les raies et le poisson paradoxal de l'Afrique, connu sous le nom de *Protopterus anguilliformis*, ne sont donc pas les seuls qui soient munis de branchies extérieures.

» Quant à leur rôle, chez le *Polypterus Lapradei*, comme organes de respiration, il a été démontré par des recherches anatomiques dues à M. le Professeur Hyrtl. »

La séance est levée à 5 heures un quart. D.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 11 octobre 1869, les ouvrags dont les titres suivent :

*Le vin; par* M. A. DE VERGNETTE-LAMOTTE, Correspondant de l'Institut, 2e édition. Paris, 1868; 1 vol. in-12 avec figures et planches.

*Mémoires de la Société d'Agriculture, Commerce, Sciences et Arts du département de la Marne*, année 1868. Châlons-sur-Marne, sans date; 1 vol. in-8°.

*Données générales d'une Statistique des Conseils de Prud'hommes, recueillies et publiées sous les auspices des Conseils de Lyon;* par MM. A. MAGUÉ, C. POLY, Secrétaires des Conseils. — (*Enquête sur les Conseils de Prud'hommes. — Circulaire ministérielle du* 10 *septembre* 1868). Troisième tirage. Lyon 1869; in-8°. (Envoyé au concours du prix de Statistique.)

*Appareil à fractures compliquées; par* M. le Dr H. DUBEST. Clermont-Ferrand. 1869; br. in-8°.

*Hygiène des écoles; par* M. R. VIRCHOW, traduit par le Dr E. DECAISNE. Paris, 1869; br. in-8°.

*Annuaire spécial des vétérinaires militaires*, année 1869. Paris, 1869; in-8°.

*Traité des distributions par tiroirs dans les machines à vapeur fixes et les locomotives; par* M. G. ZEUNER, traduit sur la troisième édition allemande par MM. A. DEBIZE et E. MÉRIJOT. Paris, 1869; in-8° relié.

Sulle... *Sur les machines dynamo-magnéto-électriques : considérations; par* M. G. CODAZZA. Turin 1869; br. in-8°.

Schweizerische... *Observations météorologiques faites à l'Observatoire de Berne et publiées sous la direction du professeur* RUDOLF WOLF, septembre, octobre et novembre 1868. Zurich, 1868; 3 brochures in-4°.

Vierteljahrsschrift... *Publications trimestrielles de la Société astronomique*, t. IV, 3e livr., juillet 1869. Leipzig, 1869; br. in-8°.

Verzeichniss... *Catalogue des 6323 étoiles télescopiques comprises entre* 3 *et* 9 *degrés de déclinaison, observées à l'Observatoire de Munich, et réduites à*

*l'an* 1850. *Supplément aux Annales de l'Oservatoire*, t. VIII, publié sous la direction de M. le Dr LAMONT. Munich, 1869; in-8°.

Elemente... *Éléments pour servir de base à la connaissance mathématico-physique des organismes, ou les Mathématiques seules sont une science; par* M. C. SCHMIDT. Munich, 1869; br. in-8°.

Sitzungsberichte... *Comptes rendus de l'Académie impériale des Sciences de Vienne, Classe des Sciences mathématiques et naturelles*, t. LIX, 2e cahier. Vienne, 1869; in-8°.

Geschichte... *Histoire et bibliographie de la lichenologie depuis les temps les plus anciens jusqu'à* 1865; *par* M. A. DE KREMPELHUBER. Munich, 1869; 2 vol. in-8° reliés. (Ouvrage adressé au concours Desmazières, 1870.)

Saturn... *Saturne n'a pas d'anneaux; par* M. C. RABACHE. Péronne, 1869; br. in-8°.

---

L'Académie a reçu, dans la séance du 18 octobre 1869, les ouvrages dont les titres suivent :

*Bibliothèque des Sciences naturelles. Zoologie : Reptiles vivants et fossiles; par* M. P. GERVAIS. Paris, 1869; in-8° avec planches.

*Ostéographie des Cétacés vivants et fossiles, comprenant la description et l'iconographie du squelette et du système dentaire de ces animaux, ainsi que des documents relatifs à leur histoire naturelle; par* M. VAN BENEDEN *et* P. GERVAIS, 5e livraison. Paris, 1869; in-4°, avec planches in-folio.

*Rapport à Sa Majesté le Schah sur l'état actuel de l'hygiène en Perse*, etc.; *par* M. le Dr THOLOZAN. Sans lieu ni date; br. in-8° autographiée. (Présenté par M. le Baron Larrey.)

*Études zoologiques sur quelques Crustacés des îles Célèbes, provenant d'un envoi de* M. RIEDEL; *par* M. Alph. MILNE EDWARDS. Sans lieu ni date; in-4° avec planches. (Extrait des *Nouvelles Archives du Muséum.*)

*Description de quelques Crustacés nouveaux provenant des voyages de* M. Al. GRANDIDIER *à Zanzibar et à Madagascar; par* M. Alph. MILNE EDWARDS. Sans lieu ni date; in-4° avec planches. (Extrait des *Nouvelles Archives du Muséum.*)

*Histoire de l'homme antédiluvien : âges du Mammouth, de l'Ours des cavernes et du Renne; par* M. J. BOURLOT. Paris, 1868; in-8°. (Présenté par M. Chevreul.)

*Histoire de l'homme préhistorique anté et postdiluvien; par* M. J. BOURLOT. Paris, 1869; in-8°. (Présenté par M. Chevreul.)

*Bulletin de la Société Botanique de France*, t. XVI, 1869 : *Comptes rendus des séances*, n° 3; *Revue biblographique*, C. Paris, 1869; 2 br. in-8°.

*Description des Mollusques fossiles de la craie des environs de Lemberg, en Galicie; par* M. E. FAVRE. Genève et Bâle, 1869; in-4° avec planches.

*Deux ascensions au mont Blanc en* 1869. *Recherches physiologiques sur le mal des montagnes; par* M. L. LORTET. Paris, 1869; br. in-8°. (Présenté par M. Bussy.)

*Topographie médicale. Recherches hydrologiques sur l'arrondissement de Château-Gontier (Mayenne), avec une Carte géologique et hydrotimétrique; par* M. E. MAHIER. Paris, 1869; in-8°. (Présenté par M. Andral.)

Nota... *Note sur le premier auteur de la découverte de la pression atmosphérique; par* M. G. GOVI. Turin, 1867; br. in-8°. (Présenté par M. Regnault.)

Intorno... *Sur l'apparition d'un bolide iridescent; par* M. G. GOVI. Turin, 1868; in-8°.

Dei... *Des phénomènes solaires ou leurs rapports avec les autres phénomènes cosmiques; par* M. G.-B. DONATI. Urbino, 1869; br. in-8°.

*Annuaire de la Société Météorologique de France*, t. XV, 1867, 1re partie : *Tableaux météorologiques*, feuilles 12-17. Paris, 1869; in-8°.

La musica... *La Musique, science et art; par* M. G. PRIVITERA, fascicules 7 et 8. Syracuse, 1869; in-4°.

Das... *L'aurore boréale, comme elle est et ce qu'elle est; par* M. LUDERS. Hambourg, 1870; br. in-8°. (2 exemplaires.)

Beitrage... *Recherches pour servir à la connaissance des fonctions du centre nerveux des grenouilles; par* M. F. GOLTZ. Berlin, 1869; in-8°.

*Sur le* Polypterus Lapradei *et le* Polypterus Senegalus; *par* M. Fr. STEINDACHNER. Vienne, sans date; br. in-8°. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Vienne.*)

Handbuch... *Manuel de Mathématique, Physique, Géodésie et Astronomie; par* M. R. WOLF. Zurich, 1869; in-8°.

Report... *Rapport fait au Comité du Bureau météorologique sur l'usage*

*des courbes isobariques et une ligne du plus grand changement barométrique comme moyen de prévoir jusqu'à un certain point les vents, avec des exemples tirés de quatorze diagrammes des ouragans en janvier* 1867 *et août* 1868; *par* M. le cap. H. TOYNBEE. Londres, 1869; in-8°.

---

### PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR L'ACADÉMIE PENDANT LE MOIS DE SEPTEMBRE 1869. (Fin.)

*Le Moniteur de la Photographie;* n^os^ 12 et 13, 1869; in-4°.

*Les Mondes;* n^os^ des 2, 9, 16, 23, 30 septembre 1869; in-8°.

*Le Sud médical;* n^os^ 17 et 18, 1869; in-8°.

*L'Imprimerie;* n^os^ 67 et 68, 1869; in-4°.

*Le Mouvement médical;* n^os^ 36 à 40, 1869; in-4°.

*Marseille médical,* n° 9, 1869; in-8°.

*Magasin pittoresque;* septembre 1869; in-4°.

*Matériaux pour l'histoire positive et philosophique de l'homme;* mai 1869; in-8°.

Monatsbericht... *Compte rendu mensuel des séances de l'Académie royale des Sciences de Prusse;* juin 1869; in-8°.

*Montpellier médical... Journal mensuel de Médecine;* septembre 1869; in-8°.

*Nouvelles Annales de Mathématiques;* septembre 1869; in-8°.

*Nouvelles météorologiques,* publiées par la Société météorologique; n° 9, 1869; in-8°.

*Observatoire météorologique de Montsouris; Bulletin* n^os^ 1 à 27, 30, 1869; in-4°.

*Pharmaceutical Journal and Transactions;* septembre 1869; in-8°.

*Répertoire de Pharmacie;* août et septembre 1869; in-8°.

*Revue des Cours scientifiques;* n^os^ 40 à 44, 1869; in-4°.

*Revue des Eaux et Forêts;* septembre 1869; in-8°.

*Revue de Thérapeutique médico-chirurgicale;* n^os^ 18 et 19, 1869; in-8°.

*Revue hebdomadaire de Chimie scientifique et industrielle;* n^os^ 43 à 47, 1869; in-8°.

*Revue maritime et coloniale;* septembre et octobre 1869; in-8°.

*Revue médicale de Toulouse;* septembre 1869; in-8°.

*The Scientific Review;* n^os^ 9 et 10, 1869; in-4°.

---

## *ERRATUM.*

(Séance du 11 octobre 1869.)

Page 778, ligne 31, *au lieu de* succès, *lisez* prédilection.